ЧИСТАЯ ВОДА РОССИИ

XV МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ И ВЫСТАВКА

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

23–27 сентября 2019 года
г. Екатеринбург



XV МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ
И ВЫСТАВКА «ЧИСТАЯ ВОДА РОССИИ»

23–27 сентября 2019 года

г. Екатеринбург

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XV INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL SYMPOSIUM AND EXHIBITION
«CLEAN WATER OF RUSSIA»

SEPTEMBER 23–27, 2019

EKATERINBURG

PROCEEDINGS

УДК 502.656
Ч 68

В сборнике представлены научные статьи и тезисы докладов XV Международного научно-практического симпозиума «Чистая вода России-2019» по актуальной проблематике – водная безопасность как фактор устойчивого развития: безопасность в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов; оценка состояния водных объектов и их экологическая реабилитация; управление качеством водных ресурсов; предупреждение негативного воздействия вод и обеспечение безопасности гидротехнических сооружений; обеспечение населения качественной питьевой водой; роль науки и образования в формировании безопасной среды проживания населения.

В сборник также включены тезисы работ, представленных на конкурс научно-исследовательских проектов молодых ученых и студентов «Водная безопасность: общество, технологии, исследования».

Редколлегия:
Прохорова Н.Б., Валек Н.А., Крылова Е.И., Кочев А.Б.

Editorial Board:
Prokhorova N.B., Valek N.A., Krylova E.I., Kochev A.B.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

WATER RESOURCES QUALITY MANAGEMENT

УДК 579.68

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ РЕК СУРГУТСКОЙ НИЗИНЫ

Арсланова М.М., Шорникова Е.А., Перлова Е.В.
Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия
marina.arslanova.93@mail.ru

Ключевые слова: водотоки, микрофлора водоемов, бактериальная микрофлора, мицелиальная микрофлора, идентификация микроорганизмов, оценка качества воды, нефтяные месторождения.

В работе представлены результаты микробиологических исследований проб воды, отобранных из рек Сургутского и Октябрьского районов ХМАО–Югры, находящихся в границах лицензионных участков нефтяных месторождений (ЛУНМ), в период весеннего половодья 2019 г. Выявлена численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп, выполнена идентификация изолированных культур.

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SMALL RIVERS OF SURGUT NINE

Arslanova M.M., Shornikova E.A., Perlova E.V.
Surgut State University, Surgut, Russia
marina.arslanova.93@mail.ru

Key words: rivers, microflora of water bodies, bacterial microflora, mycelial microflora, identification of microorganisms, water quality assessment, oil fields.

The paper presents the results of microbiological studies of water samples taken from the rivers of the Surgut and Oktyabrsky regions of the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra, located within the oil fields, during the spring flood of 2019. The number of microorganisms of different ecological and trophic groups was revealed, the identification of isolated cultures was performed.

Большую роль в питании рек в весенний период играют талые снеговые воды. Территория Сургутского и Октябрьского районов ХМАО – Югры относится к регионам с длительным периодом отрицательных температур, поэтому при оценке экологического состояния водных объектов нельзя игнорировать вклад загрязнений, поступающих со снеговыми талыми водами в реки. При таянии снега микроорганизмы попадают в водотоки, а также в почву, тем самым они могут влиять на формирование микробных сообществ, которые играют главную роль в самоочищении природных экосистем [1].

На территории ХМАО–Югры уже более 50 лет интенсивно развивается нефтегазодобывающая промышленность. При эксплуатации объектов нефтегазового комплекса неизбежным является трансформация и загрязнение площадей водосбора рек, находящихся в границах ЛУНМ. В составе загрязняющих веществ присутствуют углеводороды нефти, соединения фенольной природы, тяжелые металлы и еще десятки химических веществ различного состава. Все это накапливается в снежном покрове в период длительной зимы, а затем в половодье при активном снеготаянии поступает в речную сеть с поверхностным, почвенным и грунтовым стоком. В то же время, методами химического анализа не всегда возможно выявить факт загрязнения, невозможно оценить потенциал водных объектов к самоочищению. Это позволяют осуществить методы микробиологической индикации.

Цель настоящей работы – оценка экологического состояния рек Сургутского и Октябрьского районов в период весеннего половодья на основании микробиологических показателей.

Объектами исследования были выбраны 19 рек Сургутского и Октябрьского районов ХМАО–Югры, находящихся в границах ЛУНМ (табл. 1).

Табл. 1. Объекты исследования

Лицензионный участок	Исследуемый объект
Быстринский	р. Вынга
	р. Быстрый Кульеган
	р. Минчимкина
Вачимский	р. Тапъяун
	р. Якъявин
Комарьинское	р. Комарья
	р. Вирсиявин
	р. Пим
Рогожниковский	р. Обь
	р. Большая Леушинская
	р. Малая Леушинская
	р. Малая Карымкарская
	р. Большая Карымкарская
	р. Хомпа
	р. Овыньеган
	р. Малый Атлым
	р. Курнисоим
	р. Большой Охтач
Солкинский	р. Кавык

Отбор проб поверхностных вод осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 [2]. Пробы отбирались в предварительно подготовленные стерильные емкости (бутыли). Отбор проб поверхностной воды осуществлялся из верхнего горизонта водной толщи с глубины 30–100 см. Глубина отбора пробы выбиралась с учетом глубины водотока на исследуемом участке [3].

Микробиологический анализ проводили глубинным способом посева с использованием стерильной дистиллированной воды для разбавления исходной пробы. Из каждой пробы воды для посевов было использовано по 2 разведения. Из каждого разведения производился посев в трех повторностях на агаризованные питательные среды различного состава [4]. Для этого пользовались формулой: $X = (a \times 10^n)/V$, где а – количество колонеобразующих единиц (КОЕ); 10^n – разведение, V – объем использованной пробы. Для выявления основных групп микроорганизмов в водных объектах использовались 4 плотные питательные среды:

1. Питательный агар (ПА) – для определения общей микробной численности (ОМЧ), сапрофитных бактерий и грибов.

2. Крахмалоаммиачный агар (КАА) – для учета микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота в водных средах.

3. Среда Столбунова – для определения фенолусваивающих бактерий.

4. Агаризованная питательная среда для углеводородсодержащих бактерий.

Определение бактерий и грибов проводили по культуральным и морфологическим свойствам, при помощи определителей Берджи (1997) и Билай В.И. (1988).

В таблице 2 и на рис. 1 представлены результаты количественного учета микроорганизмов на различных питательных средах.

Табл. 2. Численность микроорганизмов на различных питательных средах

ЛУНМ	Водный объект	Питательная среда			
		ПА	КАА	Среда Столбунова	Среда Дианы Ворошиловой
		тыс. КОЕ/мл			
Быстринкий ЛУ	р. Вынга	13,6	0,0	0,0	0,3
	р. Быстрый Кульеган	120,0	0,0	0,0	1,0
	р. Минчимкина	0,1	0,0	0,0	0,1
Вачимский ЛУ	р. Тапъяун	40,3	0,0	0,0	0,6
	р. Якъявин	1,3	0,1	0,1	0,2
Комарьинский ЛУ	р. Комарья	0,3	0,0	0,0	2,8
	р. Вирсиявин	1,0	0,1	0,0	3,1
	р. Пим	0,3	0,0	0,0	0,0
Рогожниковский ЛУ	р. Обь	3,2	0,7	0,1	0,0
	р. Большая Леушинская	4,6	1,6	3,0	2,5
	р. Малая Леушинская	3,1	6,5	3,2	2,3
	р. Малая Карымкарская	0,7	1,2	1,0	0,8
	р. Большая Карымкарская	3,3	2,9	1,9	20,6
	р. Хомпа	4,5	3,7	0,2	0,2
	р. Овыньеган	0,5	8,2	0,6	1,7
	р. Малый Атлым	48,5	10,2	10,3	7,1
	р. Курнисоим	22,2	2,5	4,4	4,4
	р. Большой Охтач	5,0	10,4	6,8	3,5
Солкинский ЛУ	р. Кавык	0,4	0,0	1,0	0,2

В подавляющем большинстве на исследуемых водных объектах наблюдалась высокая вариабельность сапрофитных бактерий с максимальным значением на реке Быстрый Кульеган 120,0 тыс. КОЕ/мл (Быстринский ЛУНМ), а также на водотоках Малый Атлым 48,5 тыс. КОЕ/мл (Рогожниковский ЛУНМ) и Тапъяун 40,3 тыс. КОЕ/мл (Вачимский ЛУНМ). По соотношению численности сапрофитных микроорганизмов можно судить о динамке и интенсивности процесса самоочищения исследуемых рек Сургутского и Октябрьского районов. Способность водотоков к самоочищению обусловлена присутствием в них автохтонной микрофлоры, включающей представителей следующих родов бактерий: *Pseudomonas sp., Bacilus sp., Flavobacterium sp.* (табл. 3).

Группа нитрифицирующих бактерий была выявлена на всех исследуемых водотоках Рогожниковского ЛУНМ, а также в единичных случаях на реках Якъявин Вачимского ЛУНМ и Вирсиявин Комарьинского ЛУНМ. Нитрифицирующие бактерии осуществляют процессы нитрификации в водотоках, утилизируя при этом полимерные соединения и потребляя аммонийный азот. Наличие нитрифицирующих бактерий в воде свидетельствует о содержании полуразложившихся органических остатков, вовлеченных в процесс

аммонификации. Нитрификация начинает интенсивно протекать в водотоке как механизм самоочищения в ответ на органическое загрязнение [8].

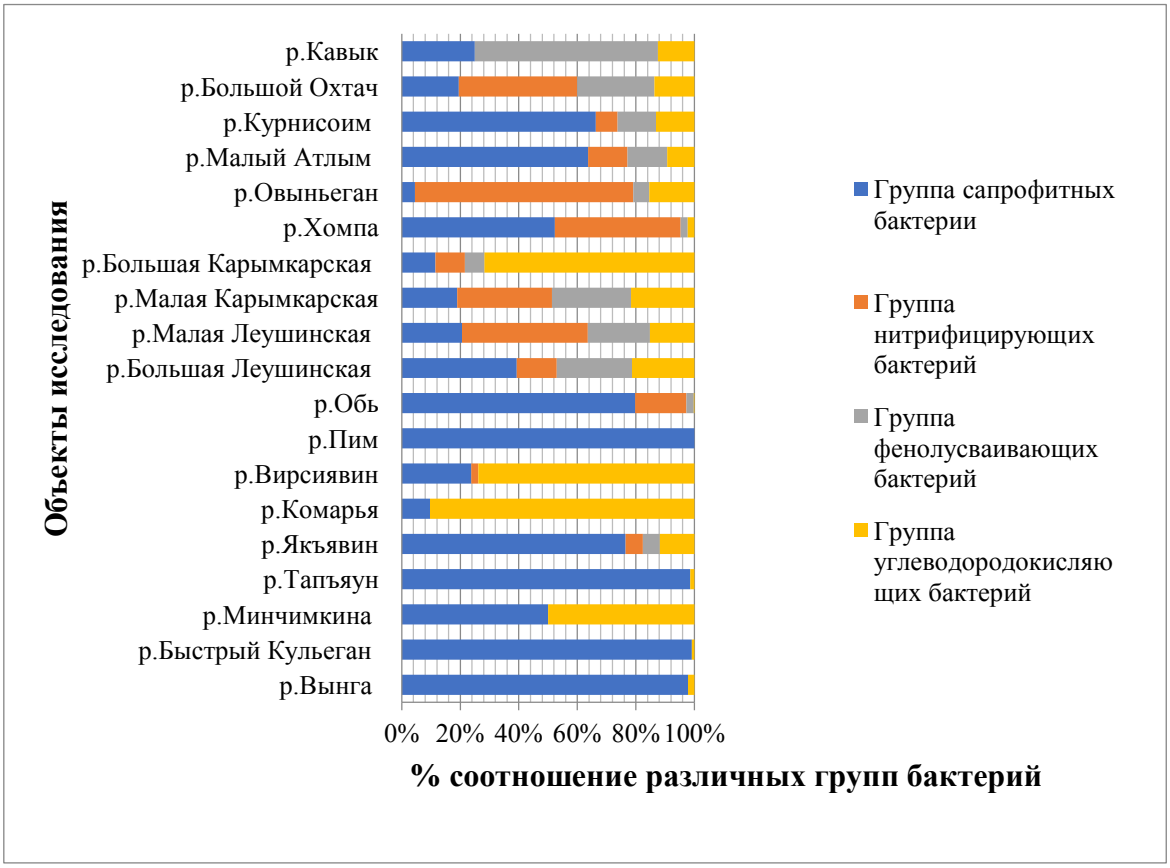


Рис.1. Соотношение численности бактерий различных эколого-трофических групп.

Группа фенолусваивающих бактерий встречалась не во всех водотоках. Максимальное значение выявлено на р. Малый Атлым Рогожниковского ЛУНМ (10,3 тыс. КОЕ/мл). То есть аллохтонных источников соединений фенольной природы, поступающих в водоток с поверхностным стоком, достаточно для формирования высокой плотности ФУБ.

Исследуемые водотоки в период весеннего половодья показали неоднозначную картину потенциала водного объекта к самоочищению. На всех водотоках Быстринского. Вачимского, Комарьинского, Солкинского и часть Рогожниковского (р. Обь, р. Большая Леушинская, р. Малый Атлым, р. Курнисоим) ЛУНМ степень коэффициента минерализации органических соединений (Км) < 1, что говорит о недостаточном потенциале самоочищения, происходит накопление органического загрязнения. Для рек Малая Леушинская, Малая Карымкарская, Большая Карымкарская, Хомпа, Овыньеган и Большой Охтач Рогожниковского ЛУНМ получены высокие показатели самоочищения от 1 до 16,4 (рис. 2).

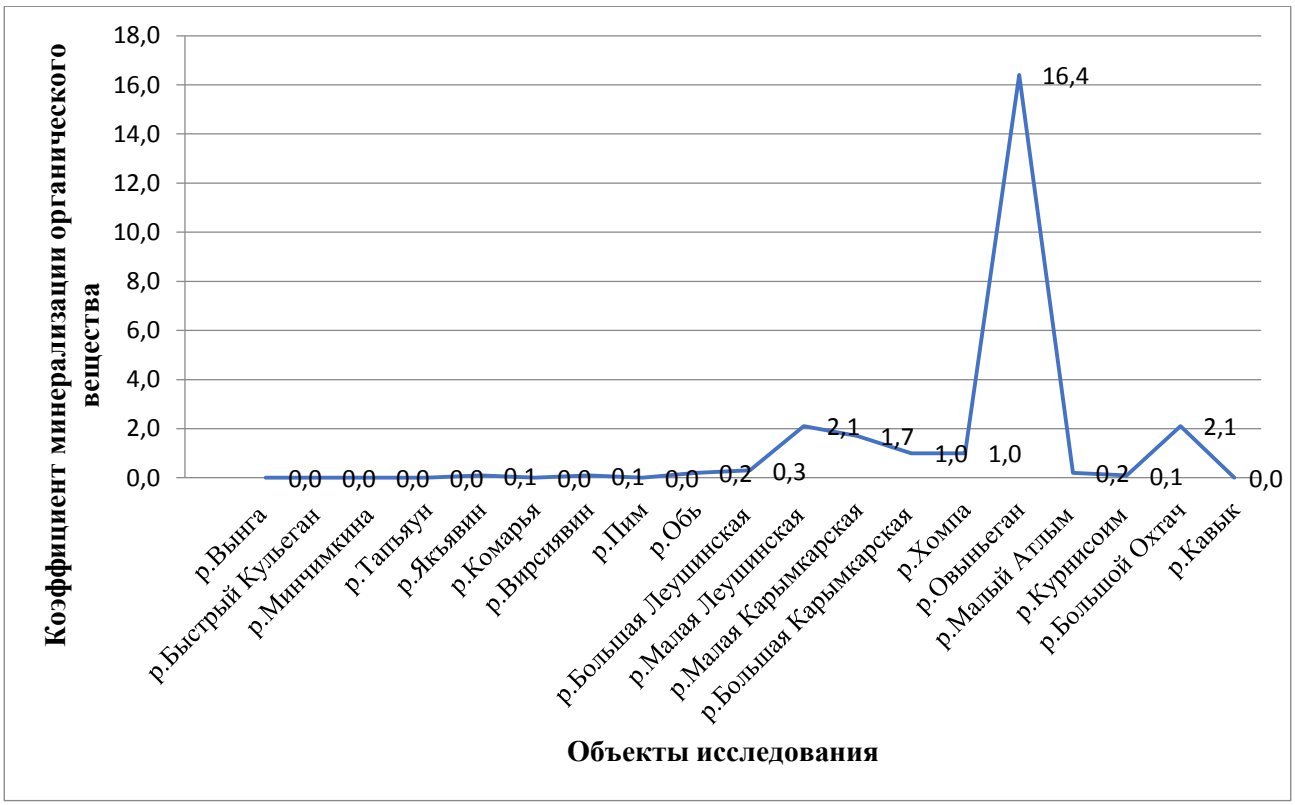


Рис. 2. Потенциал водного объекта к самоочищению.

В большинстве отобранных нами проб воды преобладали палочковидные формы клеток. Это свидетельствует о недостаточно высоком уровне самоочищения, а также об антропогенной нагрузке на реки в данный период времени, связанной с повышением содержания органики.

Бактериальная и мицелиальная микрофлора исследуемых водотоков

В составе выделенных изолятов было идентифицировано 16 бактериальных культур и 4 культуры из мицелиальной микрофлоры (табл.3).

Исследование микологического состава рек показало их небольшое видовое разнообразие, что, вероятно, связано со специфическими условиями их местонахождения (низкие температуры, высокая инсоляция, присутствие тяжелых металлов и др. токсичных элементов). С наибольшей частотой встречались *Cladosporium sp., Aspergillus sp., Mucor sp. и Penicillium sp.*

Представленные результаты выявляют, что на исследуемых объектах обнаруживается преимущественно органогетеротрфная микрофлора. В процессе своей жизнедеятельности органогетеротрофы продуцируют ферменты, кетоны, спирты и такие агрессивные метаболиты, как кислоты – органические (щавелевая, гликолевая, янтарная, уксусная и др.) и неорганические (азотная, серная, и др.), а также аммиак, сероводород, метан, углекислый газ.

Оценка экологического состояния рек Сургутского и Октябрьского районов показала, что в период весеннего половодья происходит загрязнение вод. Привнесение загрязняющих компонентов с талыми водами крайне неравномерно в течение всего периода снеготаяния, что обусловлено гидрометеорологическими условиями сезона и микробиологическими деструкционными процессами.

Табл. 3. Качественный состав микрофлоры исследованных рек

Лицензионный участок	Водоток	Видовая принадлежность
Быстринский	Вынга	*Methilobacterium sp., Acetobacterium sp., Sarcina sp., Rhodococcus sp., Azomonas sp.*
	р.Быстрый Кульеган	*Micrococcus sp., Bacilus sp., Cladosporium sp., Actinomyces sp.*
	р.Минчимкина	*Sarcina sp., Deinococcus sp., Planococcus sp., Artrobacter sp., Micrococcus sp., Aspergillus sp..*
Вачимский	р.Тапъяун	*Methilobacterium sp., Actinomyces sp.*
	р.Якъявин	*Deinococcus sp., Micrococcus sp., Planococcus sp., Azomonas sp. Penicillium sp., Bacilus sp., Nitrosomonas sp.*
Комарьинское	р.Комарья	*Azomonas sp.,*
	р.Вирсиявин	*Micrococcus sp., Sarcina sp., Flavobacterium sp., Artrobacter sp., Nitrosomonas sp.*
	р.Пим	*Deinococcus sp., Aspergillus.*
Рогожниковский	р.Обь	*Alcaligenes sp., Pseudomonas sp., Bacilus sp.*
	р.Большая Леушинская	*Alcaligenes sp., Flavobacterium sp., Pseudomonas sp., Nitrosomonas sp.*
	р.Малая Леушинская	*Alcaligenes sp., Bacillus sp., Mucor sp., Nitrobacter sp.*
	р.Малая Карымкарская	*Alcaligenes sp., Bacillus sp., Actinomyces sp., Nitrosomonas sp.*
	р.Большая Карымкарская	*Alcaligenes sp., Aspergillus., Pseudomonas sp., Nitrobacter sp.*
	р.Хомпа	*Alcaligenes sp., Flavobacterium sp., Penicillium sp., Nitrosomonas sp.*
	р.Овыньеган	*Flavobacterium sp., Alcaligenes sp., Sarcina sp., Pseudomonas sp., Bacilus sp., Nitrosomonas sp.*
	р.Малый Атлым	*Alcaligenes sp., Mucor sp., Pseudomonas sp., Nitrobacter sp., Nitrosomonas sp.*
	р.Курнисоим	*Alcaligenes sp., Actinomyces sp., Penicillium sp., Nitrosomonas sp.*
	р.Большой Охтач	*Flavobacterium sp., Actinomyces sp., Mucor sp., Nitrobacter sp.*
Солкинский	р.Кавык	*Bacilus sp., Artrobacter sp., Penicillium sp.*

Проведенная оценка качества воды показала, что исследуемые реки в пределах ЛУНМ Сургутского района наиболее загрязненные, чем водотоки Октябрьского района. Большинство исследованных рек Сургутского района характеризуется низким потенциалом

самоочищения, что подтверждается низкими значениями коэффициентов минерализации, присутствием в пробах фенолусваивающих, углеводородокисляющих бактерий и в подавляющем большинстве сапрофитной микрофлоры. По сумме исследованных показателей более загрязненной является река Быстрый Кульеган Быстринского ЛУНМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фишер Н.К.* Оценка экологического состояния малых рек центральной части Хабаровска в период снеготаяния / Н.К. Фишер, Л.А. Гаретова, Е.Л. Имратова и др. // Институт водных и экологичеких прблем ДВО РАН. 2018. №3. С. 35-44.
2. *Шорникова Е.А.* Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков: гидрохимические и микробиологические методы / Шорникова Е.А. Сургут: Дефис, 2007. 88 с.
3. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие в 2-х частях: Часть 2. Специальная / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков и др. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 337 с.
4. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометиоиздат, 1983. 218 с.
5. *Билай В.И.* Аспергиллы. Определитель / В.И. Билай, Э.З. Коваль // Академия наук украинской ССР институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заволотного. Киев «Наукова Думка», 1988. 204 с.
6. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Т. 2: пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. 432 с.
7. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Т. 1: пер. с англ. / под ред. Дж.Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. 368 с.
8. *Мамонтова Л.М.* Основы микробиологического мониторинга водных экосистем и контроля питьевой воды. Автореф. дис. докт. биол. наук. Иркутск, 1998. 40 с.

УДК 504.06:504.4.054

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, НАПРАВЛЕННОЙ НА СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ РАССРЕДОТОЧЕННОГО СТОКА НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Беляев С.Д.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: belyaev@wrm.ru

Ключевые слова: диффузное загрязнение, водный объект, государственная политика.

В докладе приводится предлагаемая к обсуждению Концепция государственной политики по снижению воздействия диффузных источников загрязнения на качество поверхностных вод, содержащая основные цели, принципы и механизмы реализации названной политики.

PROPOSALS ON ORGANIZATION OF GOVERNMENTAL ACTIVITIES AIMED AT MITIGATION OF THE DIFFUSE RUNOFF NEGATIVE IMPACT ON THE SURFAC WATERS QUALITY

Belayev S.D.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia
e-mail: belyaev@wrm.ru

Key words: diffuse pollution, water body, state policy

The article presents for discussion the Concept of State Policy on Mitigation of the Diffuse Pollution Sources Impact upon Surface Waters Quality that contain the main objectives, principles, and realization mechanisms of the said policy.

Многочисленные свидетельства существенного влияния стока с сельхозугодий, селитебных территорий и т.п. на качество поверхностных вод привели к существенному повышению статуса задач борьбы с диффузным загрязнением на государственном уровне. Об этом, в частности, свидетельствует отдельное упоминание проблемы диффузного загрязнения в Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г, включение разработки Концепции по снижению диффузного загрязнения водных объектов в Приоритетный проект «Оздоровление Волги» (утв. Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам, протокол от 30.08. 2017 г. № 9) и пр.

Снижение воздействия диффузных источников загрязнения на качество поверхностных вод должно быть неотъемлемой частью государственной природоохранной политики. Однако учитывая специфику как самих источников диффузного загрязнения, так и методов сокращения их негативного воздействия на водные объекты, полагаем целесообразным, основываясь на российском и зарубежном опыте, сформулировать Концепцию государственной политики по снижению воздействия диффузных источников загрязнения на качество поверхностных вод.

Предлагаемая к обсуждению Концепция содержит основные цели, принципы и общее описание механизмов реализации государственной политики.

Цель: обеспечение измеримого улучшения состояния поверхностных водных объектов за счет снижения установленного негативного влияния диффузных источников загрязнения.

Основные принципы:

1) бассейновое программирование;
2) территориальное планирование;
3) отраслевое совершенствование;

4) государственное поощрение.

Установка целей, определение приоритетных направлений и разработка долгосрочных программ действий по снижению диффузного загрязнения водных объектов производится по речным бассейнам. Эта задача находится в компетенции уполномоченного федерального органа исполнительной власти, который обеспечивает широкое информирование и вовлечение в процесс принятия решений всех заинтересованных сторон (в настоящее время это Бассейновые водные управления Росводресурсов).

Разработка планов мероприятий в рамках согласованной бассейновой программы и контроль их реализации осуществляется по субъектам РФ. Эта задача находится в компетенции уполномоченного органа исполнительной власти субъекта РФ. Водопользователи и муниципальные образования участвуют в реализации планов в той мере, в которой это обусловлено действующим законодательством.

Министерства и ведомства ведут работу по совершенствованию и внедрению способов хозяйствования и технологий, обеспечивающих наименьшее воздействие на окружающую среду (в частности – путем участия в разработке и корректировке Справочников НДТ).

Государство, в лице федеральных органов власти, определяет и реализует меры поощрения к разработке и внедрению способов хозяйствования и технологий, при которых сокращается негативное воздействие на водные объекты, в том числе и за счет снижения диффузного загрязнения.

Раскроем подробнее содержание и механизмы реализации предложенных принципов.

Бассейновое программирование

В соответствии с Водным кодексом РФ основным инструментом долгосрочного планирования водохозяйственной деятельности являются Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО). Разработка и утверждение СКИОВО для речных бассейнов России (или их крупных участков; например, Волжский бассейн разбит на 4 участка) были в основном завершены к 2015 г. СКИОВО утверждены Бассейновыми водными управлениями. Процедура утверждения СКИОВО включает согласование с бассейновыми советами, в которых представлены все заинтересованные стороны, а также государственную экологическую экспертизу. Предусмотрена корректировка СКИОВО, в случае необходимости.

В СКИОВО, в числе прочего, устанавливаются целевые показатели качества воды, которые, по существу, являются индикаторами целевого состояния водных объектов речного бассейна, определяется программа водоохранных мероприятий, ориентированная на достижение этого целевого состояния.

Таким образом, инструменты бассейнового программирования уже функционируют. Однако реализация настоящей Концепции может потребовать внесения изменений в действующие программы мероприятий, так же как и в другие компоненты СКИОВО. Эти изменения могут быть произведены в рамках регламентной корректировки СКИОВО, или при разработке новых СКИОВО (после завершения сроков реализации действующих).

В качестве основных принципов, обеспечивающих адекватное внимание источникам диффузного загрязнения водных объектов при разработке/корректировке СКИОВО, можно предложить следующие:

1) *инклюзивность* – обязательное включение в СКИОВО мер по исследованию и снижению негативного воздействия диффузных источников загрязнения на состояние водных объектов;
2) *территориальность* – учет территориальных (по участкам бассейна) особенностей природных и антропогенных условий формирования стока при оценке воздействия диффузных источников загрязнения на водные объекты;
3) *приоритетность* – определение приоритетных направлений водоохранной деятельности в речном бассейне с учетом оценки степени воздействия выявленных

источников загрязнения на качество воды, состояния водных объектов и преимущественных видов их использования;

4) *интегрированность* – учет планов социально-экономического развития территорий при разработке СКИОВО, учет СКИОВО в планах социально-экономического развития;
5) *цикличность* – регламентированное уточнение всех параметров СКИОВО в рамках 3-х летних циклов (в соответствии с циклами федерального бюджетного планирования): реализация комплекса мероприятий ⇨ оценка результатов и анализ вновь накопленной информации ⇨ уточнение целей, приоритетов и программы мероприятий.

Следует отметить, что во время разработки СКИОВО отсутствовало утвержденное методическое обеспечение установления целей и приоритетов водоохранной деятельности в речных бассейнах с учетом природных и антропогенных особенностей формирования стока. Для разработки эффективной водоохранной стратегии чрезвычайно важно устранить этот пробел [1][1].

Итак, на бассейновом уровне (в рамках СКИОВО) определяются долгосрочные цели и приоритетные направления водоохранной деятельности (в том числе, в обязательном порядке, по снижению воздействия диффузных источников загрязнения на качество поверхностных вод), разрабатывается общая долгосрочная программа действий. В СКИОВО в обязательном порядке включаются основные направления совершенствования системы мониторинга, НИР и пр.

Территориальное планирование

Специфика источников диффузного загрязнения водных объектов, пространственные масштабы необходимых водоохранных мер, а также общая схема распределения полномочий в сфере управления водными ресурсами и водопользованием позволяет заключить, что планирование мероприятий по снижению негативного воздействия диффузных источников загрязнения следует осуществлять на уровне субъектов РФ.

В соответствии с Водным кодексом РФ, СКИОВО являются обязательными к исполнению всеми органами власти. Предлагается на основе Программы водоохранных мероприятий СКИОВО в каждом субъекте РФ, расположенном в бассейне, разрабатывать планы мероприятий по сокращению негативного воздействия на водные объекты диффузных источников загрязнения. Планы разрабатываются на весь срок реализации СКИОВО, с разбиением на 3-х летние этапы (см. «цикличность»).

Водоохранные мероприятия, входящие в планы субъектов РФ, могут быть разбиты на 4 уровня:

- федеральные (или бассейновые) – мероприятия, реализация которых не входит в компетенцию субъектов РФ;
- региональные (в компетенции субъекта РФ);
- муниципальные;
- водопользователей.

Финансирование мероприятий осуществляется за счет бюджетов соответствующих уровней и собственных средств водопользователей. Очередность реализации и вопросы финансовой поддержки мероприятий определенного уровня из бюджетов более высокого уровня решаются с учетом приоритетности мероприятий, установленной в СКИОВО.

[1] В рамках государственного задания ФГБУ РосНИИВХ были разработаны [2]: Рекомендации по установлению целевых показателей качества воды поверхностных водных объектов; Рекомендации по выбору приоритетных водоохранных мероприятий, направленных на достижение целевых показателей качества воды. Эти рекомендации снимают указанную проблему. Они прошли глубокую научную экспертизу, имеют примеры успешного практического внедрения и рекомендуются к скорейшему утверждению в качестве официальных инструктивных документов.

Планирование и контроль находятся в компетенции уполномоченного органа исполнительной власти субъекта РФ. Программа мероприятий согласуется с федеральным уполномоченным органом (Бассейновым водным управлением). Финансовая поддержка тех или иных мероприятий программы из средств бюджета РФ осуществляется по рекомендации БВУ.

Отраслевое совершенствование

В 2019 г. вступила в законную силу система нормирования воздействий на окружающую среду на основе технологических нормативов, которые, в свою очередь, опираются на показатели наилучших доступных технологий (НДТ) [3]. Справочники НДТ формируются по отраслевому принципу. К настоящему времени разработаны 50 справочников НДТ [4].

В справочниках приводятся такие показатели НДТ, как характеристики выбросов в атмосферу, требования к организации промплощадок, отвалов, шламохранилищ и т.п., нормы расходования воды и других ресурсов на единицу продукции и пр. Улучшение перечисленных характеристик в той или иной степени скажется на снижении уровня диффузного загрязнения. Таким образом, отраслевое совершенствование технологий становится важной составляющей общей водоохранной стратегии.

Однако в новой системе остается много нерешенных вопросов.

1) Система выдачи разрешений на основе НДТ не связана с целями и бассейновыми программами СКИОВО.

Действительно, например, для действующих предприятий вопросы выдачи комплексных экологических разрешений (КЭР) никак не связаны с оценкой воздействий в пределах технологических нормативов (сбросы, выбросы, размещение отходов и пр.) на конкретные водные объекты [3].

Следует устранить этот явный недостаток внедряемой системы. Например, поставить выдачу повторного (после достижения показателей НДТ) КЭР в зависимость от наличия программы мероприятий по достижению целевых показателей качества воды в контрольных створах водных объектов, на которые оказывается негативное воздействие [5]. При этом следует разработать методическое обеспечение по оценке диффузного загрязнения водных объектов от различных типов источников негативного воздействия.

В рамках действующей системы следует включать мероприятия по достижению нормативных показателей воздействия на окружающую среду объектами негативного воздействия 1 и 2 категории в планы мероприятий соответствующих субъектов РФ. При этом решение вопросов финансовой поддержки реализации таких мероприятий из бюджетов различных уровней следует ставить в прямую зависимость от их соответствия приоритетам, установленным в СКИОВО. Есть все основания полагать, что затраты на достижение технологических нормативов могут оказаться весьма существенными, и финансовая поддержка понадобится многим.

2) Не обеспечена мотивация к постоянному развитию технологий, обеспечивающих сокращение воздействий на окружающую среду.

Поскольку одним из критериев отнесения технологии к НДТ является промышленное внедрение на 2-х и более объектах в РФ [3], то не вполне ясны механизмы обновления Справочников НДТ. Для функционирующих объектов при достижении показателей воздействия на окружающую среду, соответствующих технологическим нормативам, плата за негативное воздействие не вменяется, независимо от возможных последствий для окружающей среды. Следовательно, у владельцев действующих предприятий нет никаких стимулов к разработке и внедрению технологий, обеспечивающих показатели воздействия на окружающую среду, лучшие чем в утвержденных Справочниках НДТ. Такая потребность может возникнуть только у владельцев «проектируемых» объектов, поскольку по ним производится расчет НДС. Представляется, что такой «узконаправленной» мотивации недостаточно для регулярного обновления справочников НДТ.

Эта проблема устраняется, если принять изложенные в предыдущем п. требования по увязке выдачи КЭР с достижением целевых показателей качества воды в водных объектах

3) Справочники НДТ не охватывают такие направления хозяйственной деятельности, как организация сбора и очистки дождевого стока и снега на селитебных территориях; сельское хозяйство (за исключением свино- и птицеферм).

Разработка справочников по организации сбора и очистки талого и дождевого стока, при всей специфике, все же вполне укладывается в общую концепцию справочников НДТ: объекты можно классифицировать «по мощности» (площадь, численность населения, климатические условия), имеются известные апробированные технологии (снегосплавные пункты, ливневая канализация, станции очистки ливневых стоков и пр.). Следует запустить разработку таких справочников незамедлительно.

По животноводству: можно рекомендовать расширить перечень справочников для охвата хозяйств по выращиванию КРС, лошадей и т.д.

Регулирование негативного воздействия сельхозугодий имеет ряд особенностей, которые требуют специального подхода. Например, на водосборе одного водного объекта может находиться большое число примыкающих друг к другу мелких земледельческих хозяйств, каждое из которых оказывает незначительное воздействие на окружающую среду, и, в рамках общей логики, не подлежит регулированию. При этом их совокупное воздействие может быть существенным. Имеются и другие особенности.

По этой причине представляется целесообразной разработка серии обновляющихся справочников по экологически-ориентированному земледелию, специфицированных по сельскохозяйственным культурам, природно-климатическим условиям и пр. В них должны быть представлены научно-обоснованные рекомендации по агротехническим приемам, которые обеспечивают наименьшее воздействие на окружающую среду.

Учитывая специфику и социальную значимость сектора, рекомендуется в качестве основного механизма внедрения эко-приемов земледелия рассматривать не принуждение, а информирование, разъяснение выгод и представление преференций.

Государственное поощрение

Поскольку диффузное загрязнение водных объектов представляет серьезную угрозу устойчивости социально-экономического развития страны, то налицо необходимость самого активного участия государства (в лице федеральных и региональных органов власти) в решении проблемы.

Схематично государственные меры регулирования любой сферы деятельности можно разбить на две группы: ограничение и поощрение. Для регулирования точечных источников негативного воздействия на водные объекты применяются, в первую очередь, ограничительные меры.

Источники диффузного загрязнения водных объектов имеют ряд особенностей, которые затрудняют использование ограничительных мер:

- затрудненность инструментального контроля показателей воздействия на окружающую среду;
- сложности при определении круга юридических лиц, которым может быть вменена ответственность (накопленный экологический ущерб, несколько объектов аэротехногенного загрязнения водосборной площади и пр.);
- неразвитость научно-методического обеспечения оценок негативного воздействия (при объективной сложности проблемы).

По этой причине целесообразно расширить применение инструментов государственного поощрения к разработке и *повсеместному* внедрению способов хозяйствования и технологий, при которых сокращается негативное воздействие на водные объекты диффузных источников загрязнения.

В мировой практике хорошо зарекомендовали себя, например, налоговые льготы и прямые субсидии сельхозпроизводителям, применяющим рекомендованные агротехнические приемы (интересен, например, британский опыт: [6]). В целенаправленной государственной поддержке нуждается развитие информационной и научно-методической базы предотвращения диффузного загрязнения, построение сети научно-технических

консультационных центров по применению экологически-ориентированных технологий хозяйствования и пр.

Означенная выше специфика проблем и их масштаб определяет необходимость и в прямом финансировании крупных мероприятий. Например, таких, как рекультивация заброшенных объектов, сбор и очистка ливневых стоков населенных пунктов с низкой бюджетной обеспеченностью и пр.

Таковы основные принципы и очертания механизмов решения задачи снижения негативного воздействия на водные объекты диффузных источников загрязнения.

Еще раз подчеркнем, что поставленная задача может решаться только в контексте общей государственной политики в сфере охраны окружающей среды. Однако для скоординированности усилий, систематизации работ и повышения обоснованности расходования бюджетных средств целесообразно утвердить предложенную, или подобную Концепцию, хотя бы в виде Руководящего документа Минприроды России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев С.Д.* К вопросу учета пространственной дифференциации природной среды при планировании водоохранных мероприятий // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №4(43). С.81–96. doi 10.17072/2079-7877-2017-4-81-96.
2. Совершенствование научно-методического и информационного обеспечения разработки и корректировки Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) [Текст]: отчет о НИР: (заключ.) / РосНИИВХ; рук. Беляев С.Д. Екатеринбург, 2018. 135 с. № ГР НИОКТР: АААА-А17-117031050028-2.
3. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Режим доступа: http://www.consultant.ru (дата обращения: 14.04.2019).
4. Сайт Бюро наилучших доступных техноологий. Режим доступа: http://burondt.ru (дата обращения: 15.04.2019).
5. *Беляев С.Д.* Технологические нормативы и целевые показатели качества поверхностных вод // Водное хозяйство России. 2015. № 6. С. 18–36.
6. Rules for farmers and land managers to prevent water pollution / Официальный сайт *Правительства Ее Величества. Режим доступа: https://www.gov.uk/government/publications/farming-rules-for-water-from-april-2018 (дата обращения 01.03.2018).*

УДК 574.24

ФИТОРЕМЕДИАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АДВЕНТИВНОГО ГИДРОФИТА *ELODEA CANADENSIS* В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ СРЕДНЕГО УРАЛА С РАЗНОЙ ТОКСИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Борисова Г.Г., Малева М.Г., Щукина Д.А., Солоницына А.В.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
G.G. Borisova@urfu.ru

Ключевые слова: адвентивные виды, гидрофит, тяжелые металлы, биоаккумуляция, фотосинтетические пигменты, фиторемедиация.

Изучены аккумулятивный потенциал в отношении тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Mn, Fe) и содержание фотосинтетических пигментов у адвентивного гидрофита Elodea canadensis Michx. из природных местообитаний Среднего Урала с разным уровнем токсической нагрузки. Сделан вывод о том, что E. canadensis отличается не только высоким аккумулятивным потенциалом, но и устойчивостью к длительному техногенному воздействию, а, следовательно, является перспективным видом для фиторемедиационных технологий, направленных на восстановление загрязненных водотоков и водоемов.

PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF ADVENTIVE HYDROPHYTE *ELODEA CANADENSIS* IN WATER BODIES OF THE MIDDLE URALS WITH DIFFERENT TOXIC LOAD

Borisova G.G., Maleva M.G., Shchukina D.A., Solonitsyna A.V.,
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
G.G. Borisova@urfu.ru

Key words: adventive species, hydrophyte, heavy metals, bioaccumulation, photosynthetic pigments, phytoremediation.

The accumulative potential for heavy metals (Cu, Ni, Zn, Mn, Fe) and the photosynthetic pigments content in the adventive hydrophyte Elodea canadensis Michx. from the natural habitats of the Middle Urals with different levels of toxic load were studied. It is concluded that E. canadensis is distinguished not only by its high accumulative potential, but also by its resistance to long-term anthropogenic impact, and, therefore, is a perspective species for phytoremediation technologies aimed at restoring polluted water bodies.

В настоящее время особую актуальность приобрела проблема выявления адвентивных видов водных растений, перспективных для использования в фиторемедиационных технологиях восстановления трансформированных экосистем. Внедрение представителей адвентивной флоры может привести к нарушению функционирования гидроценозов вследствие их конкуренции с аборигенными видами [1–4]. Вместе с тем, натурализация адвентивных видов может способствовать повышению биопродуктивности водных экосистем, а также извлечению тяжелых металлов и других поллютантов из поверхностных вод и седиментов [5–7]. Исследование адаптаций, способствующих натурализации чужеродных видов растений, позволит выявить их пределы толерантности и прогнозировать возможные модификации растительных сообществ, что необходимо для поддержания биоразнообразия водных экосистем и улучшения их экологического состояния.

В качестве объекта исследования была выбрана *Elodea canadensis* Michx. (элодея канадская). Это многолетнее травянистое растение из семейства Hydrocharitacea, родиной которого является Северная Америка. Растение очень неприхотливо и отличается высокой

скоростью размножения, что послужило основанием для появления названия «водяная чума». На Среднем Урале *E. canadensis* успешно натурализовалась в различных водных объектах, в том числе с высокой степенью техногенного загрязнения.

К настоящему времени доказана возможность использования *E. canadensis* как индикатора качества водной среды и биомонитора функционального состояния экосистем [8–11], однако пределы толерантности этого адвентивного вида к высоким концентрациям тяжелых металлов изучены недостаточно.

Цель работы – оценить фиторемедиационный потенциал адвентивного вида элодеи канадской в водных объектах Среднего Урала с разной степенью токсической нагрузки. Для достижения поставленной цели были изучены аккумулятивная способность гидрофита в отношении тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Mn, Fe) и состояние его пигментного аппарата как биомаркера устойчивости к действию стрессовых факторов.

Концентрацию металлов в поверхностных водах и листьях *E. canadensis* определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Выбор именно этих металлов обусловлен тем, что их содержание в водных объектах Свердловской области нередко превышает ПДК (для водных объектов рыбохозяйственного назначения).

В качестве интегрального показателя загрязнения использовали суммарный индекс токсической нагрузки, который рассчитывали по формуле: $S_i = (1/n)\sum_{i=1}^{n} Ci/Сфон$, где Ci – концентрация металла в воде загрязненного участка, Сфон – концентрация металла в воде наименее загрязненного участка, n – число исследованных металлов [12].

Отбор растительного материала и проб поверхностных вод проводили из водных объектов Свердловской области, различающихся уровнем загрязнения (табл.). Было выбрано пять участков, где в обилии произрастала элодея канадская: верховье р. Северушки; пруд-отстойник Северского трубного завода (СТЗ) в пойме р. Северушки; оз. Икбулат, г. Дегтярск; р. Чусовая, напротив Среднеуральского металлургического завода (СУМЗ); р. Ревда, ниже Ревдинского метизного завода (РМЗ).

Табл. Краткая характеристика участков отбора проб

Место отбора проб	Водный объект	Координаты	S_i
Участок 1	р. Северушка (верховье)	56°30'38"N 60°11'21"E	1
Участок 2	Пруд-отстойник СТЗ	56°29'20"N 60°16'15"E	2
Участок 3	оз. Икбулат	56°42'26"N 60°07'39"E	3
Участок 4	р. Чусовая, напротив СУМЗ	56°50'58"N 59°57'22"E	4
Участок 5	р. Ревда, ниже РМЗ	56°48'31"N 59°57'17"E	6

Содержание хлорофиллов (Хл *a*, Хл *b*) и каротиноидов определяли спектрофотометрически (“APEL” PD-303UV) в 80 % ацетоновом экстракте и рассчитывали согласно Lichtenthaler [13]. На рисунках 3 и 4 латинскими буквами отмечены достоверные различия между средними значениями, которые оценивали с использованием непараметрического критерия Манна–Уитни при уровне значимости $p < 0,05$.

Из исследованных водных объектов наименьшему токсическому воздействию подвергается р. Северушка, а наибольшему – р. Ревда (табл.).

Реки Северушка и Ревда – левобережные притоки р. Чусовая. По данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, вода в р. Северушке ниже г. Полевского в 2017 г. характеризовалась как «грязная» и соответствовала разряду «б» 4 класса качества [14]. Однако наши исследования проводились в верховье этой реки (выше Северского пруда), которое не испытывает значительного техногенного воздействия, поэтому по сравнению с другими изученными водными объектами она оказалась наименее загрязненной.

Река Ревда характеризуется повышенной степенью загрязненности, ее вода относится к разряду «б» 4 класса «грязных» вод. В р. Ревда в черте г. Ревда в 2017 г. среднегодовая

концентрация соединениями цинка превышала $ПДК_{рыб.хоз.}$ в 2 раза. Был также зафиксирован случай экстремально высокого загрязнения воды соединениями марганца (до 116 ПДК) [14].

Максимальной концентрацией в воде Cu и Fe отличались участки 4 (р. Чусовая) и 5 (р. Ревда), а Ni – участок 5 (р. Ревда). Наибольшее содержание марганца и цинка было характерно для вод оз. Икбулат и р. Чусовой (рис. 1).

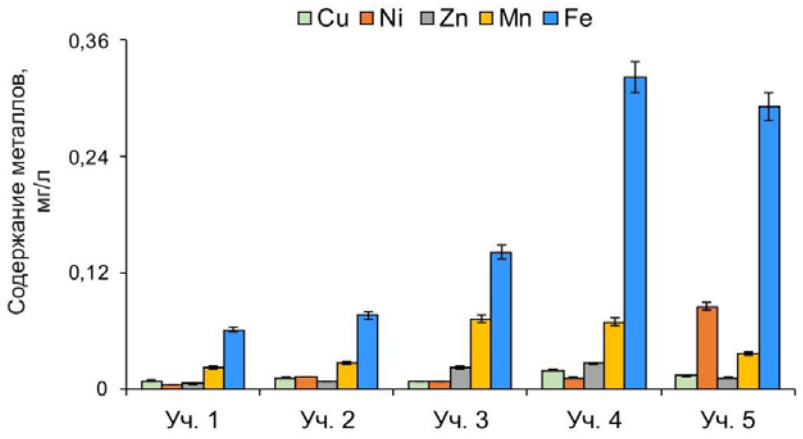


Рис. 1. Среднее содержание металлов в поверхностных водах исследованных водных объектов.

Содержание металлов в листьях *E. canadensis* из разных местообитаний существенно различалось и коррелировало с их концентрацией в поверхностных водах (рис. 2). Например, элодея из р. Чусовой накапливала медь в 68 раз больше по сравнению с растениями из р. Северушки.

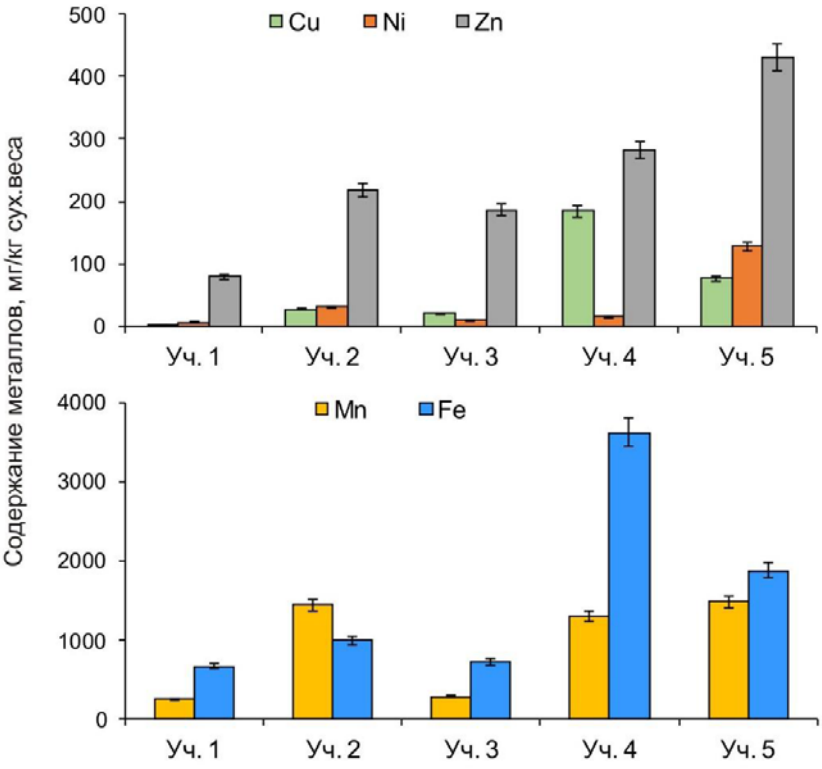


Рис. 2. Среднее содержание металлов в листьях *E. canadensis* из водных объектов с разной степенью токсической нагрузки.

Коэффициенты биологического накопления металлов у изученных растений составляли следующий восходящий ряд: Ni < Cu < Fe < Zn < Mn. В среднем содержание в листьях *E. canadensis* меди, никеля и железа превышало их концентрации в поверхностных водах в 5 тысяч, а цинка и марганца – в 22 тысячи раз.

Как известно, фотосинтетический аппарат растений обеспечивает их жизнедеятельность в различных экологических условиях и в значительной степени определяет биологическую продуктивность гидроценозов. Для пигментного комплекса фитобионтов характерна достаточно высокая чувствительность к воздействию неблагоприятных факторов и способность к адаптивным изменениям [15, 16]. Поэтому анализ содержания и соотношения фотосинтетических пигментов имеет большое значение при оценке устойчивости гидрофитов к техногенному загрязнению и их фиторемедиационного потенциала.

Проведенное исследование выявило тенденцию увеличения содержания фотосинтетических пигментов в листьях *E. canadensis* из загрязненных металлами водных объектов по сравнению с относительно чистым (верховье р. Северушки). Суммарное количество хлорофиллов у элодеи из местообитаний с высоким уровнем техногенного загрязнения возрастало в среднем на 25 % (рис. 3). При этом в большей степени увеличивалось содержание Хл *a* (в среднем на 33 %), в то время как количество Хл *b* оставалось на относительно постоянном уровне. Содержание каротиноидов в растениях из более загрязненных водных объектов также было выше (в среднем в 1,4 раза, рис. 3).

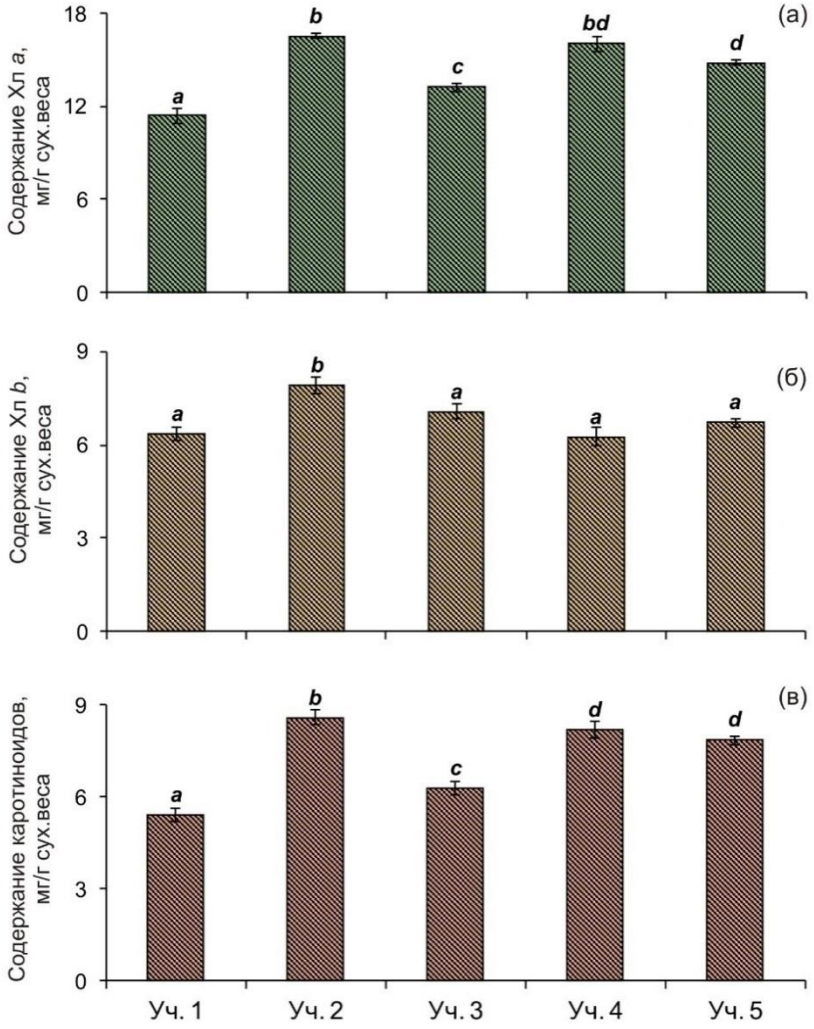


Рис. 3. Содержание хлорофилла *a* (а), хлорофилла *b* (б) и каротиноидов (в) в листьях *E. canadensis* из водных объектов с разной степенью токсической нагрузки.

Увеличение количества хлорофиллов при возрастании загрязненности среды обитания могло быть обусловлено рядом причин. Во-первых, как известно, для образования хлорофиллов необходимо железо, соответственно, увеличение его концентрации в водной среде благоприятствует синтезу этих пигментов. Во-вторых, со сточными водами промышленных предприятий и жилищно-коммунального сектора в водные объекты

поступает значительное количество соединений азота [14], который входит в состав хлорофилла.

Кроме того, повышенное техногенное воздействие часто приводит к увеличению мутности воды и, соответственно, увеличение содержания фотосинтетических пигментов можно рассматривать как компенсаторную адаптивную реакцию, направленную на поддержание фотосинтетической функции растений при неблагоприятных условиях произрастания.

Известно, что повышенные концентрации тяжелых металлов (особенно редокс-активных, как медь, железо и марганец) могут способствовать продукции активных форм кислорода в листьях растений, приводящих к окислительной деструкции многих биополимеров. Увеличение содержания каротиноидов в листьях элодеи можно объяснить их защитной, антиоксидантной ролью [16].

Степень активности и пластичности фотосинтетического аппарата часто оценивают по соотношению хлорофиллов (Хл *a/b*) и отношению суммы хлорофиллов к каротиноидам [16]. Исследование выявило низкую величину отношения Хл *a/b* (в среднем 2,1), что характерно для погруженных растений умеренной зоны (рис. 4). Пониженное значение соотношения хлорофиллов свидетельствует о том, что значительная часть зеленых пигментов входит в состав светособирающего комплекса фотосистем [5]. У элодеи из более загрязненных местообитаний величина данного соотношения увеличивалась (в среднем на 16 %), что объясняется более существенным возрастанием содержания Хл *a*. Отношение суммы хлорофиллов (*a*+*b*) к каротиноидам у растений из местообитаний с повышенной техногенной нагрузкой было достоверно ниже как результат увеличения содержания каротиноидов (рис. 4).

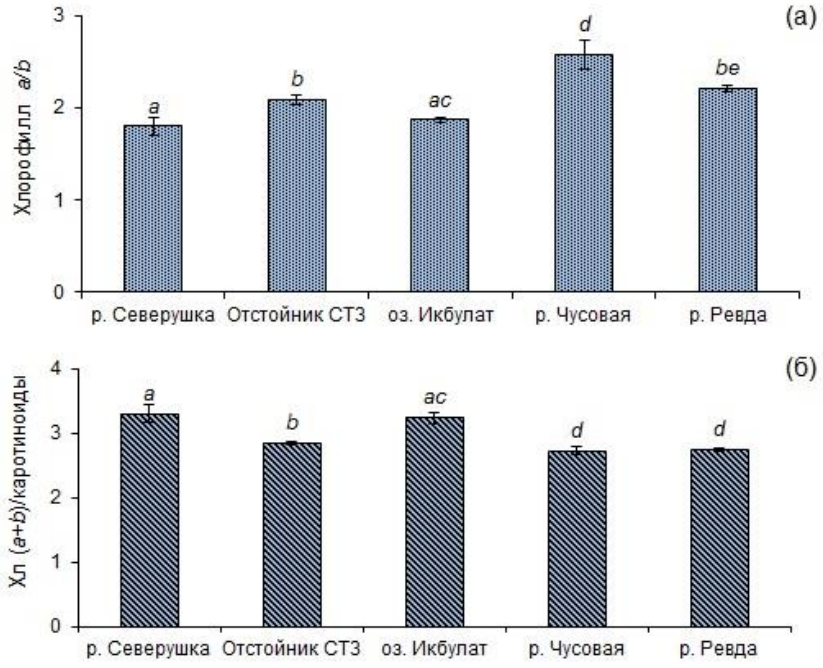


Рис. 4. Соотношение хлорофиллов (а) и отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам (б) в листьях *E. canadensis* из водных объектов с разной степенью токсической нагрузки.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что *E. canadensis* как представитель адвентивной флоры Среднего Урала, отличается высоким аккумулятивным потенциалом и устойчивостью к длительному техногенному загрязнению, а, следовательно, является перспективным гидрофитом для фиторемедиационных технологий, направленных на восстановление водотоков и водоемов, подвергающихся значительной техногенной нагрузке. Однако, учитывая высокую инвазивную активность данного вида, представляется целесообразным использование его не в открытых водных объектах, а в биоинженерных очистных сооружениях закрытого типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамова Л.М.* Новые данные по биологическим инвазиям чужеродных видов в Республике Башкортостан // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2014. Т. 19. № 4. С. 16–27.
2. *Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В.* Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
3. *Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Мулдашев А.А.* Натурализация инвазионного вида *Elodea canadensis* Michx. в водоемах Республики Башкортостан // Российский журнал биологических инвазий. 2016. № 2. С. 7–21.
4. *Кравцова Л.С., Ижболтина Л.А., Механикова И.В., Помазкина Г.В., Белых О.И.* Натурализация *Elodea canadensis* Michx. в озере Байкал // Российский журнал биологических инвазий. 2010. Т. 3. № 2. С. 2–17.
5. *Новаковская Т.В., Дымова О.В.* Видовое разнообразие и пигментный комплекс макрофитов водоемов окрестностей г. Сыктывкара (Республика Коми) // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 5 (1). С. 127–134.
6. *Borisova G., Chukina N., Maleva M., Levchenko U.* Accumulation of heavy metals in leaves of submerged hydrophytes *(Elodea canadensis* Michx. and *Potamogeton perfoliatus* L.) and their responses at the effect of a metallurgical plant wastewater // Inland Water Biology. 2017. Vol. 10 (2). P. 176–181.
7. *Santos M.J., Anderson L.W., Ustin S.L.* Effects of invasive species on plant communities: an example using submersed aquatic plants at the regional scale // Biological Invasions. 2011. V. 13. P. 443–457.
8. *Базарова Б.Б.* Содержание химических элементов в *Elodea canadensis* Michx. в водоемах Забайкалья // Вода: химия и экология. 2015. № 7. С. 43–51.
9. *Samecka-Cymerman A., Kempers A.J.* Biomonitoring of water pollution with *Elodea canadensis*. A case study of three small Polish rivers with different levels of pollution // *Water, Air and Soil Pollution*. 2002. V. 145. P. 139–153.
10. *Borisova G.G., Chukina N.V., Maleva M.G., Kumar A.,* Prasad MNV. Thiols as biomarkers of heavy metal tolerance in the aquatic macrophytes of Middle Urals, Russia // International Journal of Phytoremediation. 2016. V. 18 (10). P. 1037–1045.
11. *Javed M.T., Greger M.* Cadmium triggers *Elodea canadensis* to change the surrounding water pH and thereby Cd uptake // International Journal of Phytoremediation. 2001. Vol. 13. P. 95–106.
12. *Безель В.С., Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н.* Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. 1998. № 5. С. 376–382.
13. *Lichtenthaler H.K.* Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
14. Ежегодник качества поверхностных вод РФ за 2017 год с приложением / Сайт Гидрохимического института Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: http://gidrohim.com/node/72.
15. *Гетко Н.В.* Растения в техногенной среде: структура и функции ассимиляционного аппарата. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с.
16. Photosynthetic pigments: chemical structure, biological function and ecology. Syktyvkar: Komi Sci. Centre Ural Branch RAS, 2014. 448 c.

УДК 556.53

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ОТ НАВОДНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ Р. СЕЛЕНГА

Борисова Т.А.
Байкальский институт природопользования Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Улан-Удэ, Россия
e-mail: tabor@binm.ru

Ключевые слова: наводнения, зоны затопления, экологические риски, социально-экономические и экологические ущербы.

В статье рассматриваются социально-экономические и экологические риски от наводнений в бассейне р. Селенга. Предложена методика оценки предполагаемых ущербов. Дан анализ прохождения экстремальных гидрологических явлений, их повторяемости, величины. Представлены расчеты социального и экономического риска. Рассмотрены экологические риски на примере г. Улан-Удэ.

ENVIRONMENTAL RISKS FROM FLOODING IN THE POOL OF R. SELENGA

Borisova T.A.
The Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia
e-mail: tabor@binm.ru

Key words: the floods, the flood zones, the environmental risks, the socio-economic and environmental damage.

The article discusses the socio-economic and environmental risks from flooding in the r. Selenga. A method for estimating the estimated damages is proposed. An analysis of the passage of extreme hydrological phenomena of their repeatability, magnitude is given. Presents calculations of social and economic risk. Considered environmental risks on the example of the city of Ulan-Ude.

Катастрофические наводнения обычно принято понимать как стихийное бедствие, которое затрагивает непосредственно человека, возникающее в населенной местности с поражением большого количества людей и материальных ценностей. Суммарная оценка ущербов от их воздействий преимущественно складывается из ущербов экономических и социальных.

Рассматривая Байкальский регион, следует отметить его особый статус, обусловленный включением оз. Байкал в Список объектов Всемирного природного наследия и созданием вокруг него зоны жестких экологических ограничений. Река Селенга как самая крупная, несущая свои воды в оз. Байкал, в период наводнений подвергает высокому экологическому риску чистоту и безопасность уникального озера.

Также необходимо отметить ее трансграничность (Россия-Монголия). Обладая едиными природными рубежами и равными условиями формирования экстремальных гидрологических явлений, территория бассейна отличается приоритетами современного хозяйственного освоения прибрежных зон со специфично формирующимися на них «окнами уязвимости».

В связи с этим актуальность и значимость исследований наводнений на р. Селенга и связанных с ними рисков, не вызывает сомнения и обусловлена, прежде всего, значительными масштабами затоплений и колоссальными размерами негативных последствий не только социальных и экономических, но и экологических.

Главная проблема – ухудшение качества воды вследствие смыва продуктов антропогенной деятельности с прибрежных территорий и опасности подмыва старых кладбищ, скотомогильников, канализационных и очистных сооружений, затопления объектов, работающих с нефтепродуктами, токсическими химическими веществами и т.д., что, безусловно, может негативно отразится на всей экосистеме, а также на здоровье человека.

Большой вклад в загрязнение воды и нарушение ее санитарно-эпидемиологических показателей вносят крупные поселения, расположенные в прибрежной зоне, и, в первую

очередь, г. Улан-Удэ и примыкающие к городу поселения, крупные поселковые центры (сс. Сотниково, Кабанск, Наушки, Ильинка и т д), а также привнос с территории Монголии.

Действительно, основным классификационным показателем является уровень загрязнения воды. Изменение природных свойств воды в реке, вызванное увеличением мутности, взвешенных, органических веществ, биогенных элементов, способствует снижению качества вод и дестабилизации экосистемы озера, что может привести к эпидемиологической опасности для населения и повлечь причинение существенного вреда водным организмам, рыбным запасам, массовой гибели рыбы, нарушению естественного цикла воспроизводства водных животных, гибели кормовых бентосных и зоопланктонных организмов [1].

Так, комплексная оценка качества воды в р. Селенга при наводнении в 1993 г. показала, что концентрации аммонийного азота были на 80 % выше, нитратного азота, фосфора и кремния возросло на 30–60 %, чем при средней или низкой водности. За период высокой воды вынос биогенных элементов по реке составил более половины их среднегодовых величин, а по аммонийному азоту превышал почти в 2 раза (данные МПР РБ). Однако в 1998 г. экстремальных превышений ПДК от средних существующих в материалах по охране оз. Байкал отмечено не было: «Наводнение на р. Селенга в июле-августе не привело к высокому загрязнению воды» [2].

Применяемый в данном случае метод биоиндикации для оценки антропогенной нагрузки по реакции на нее живых организмов и их сообществ мало объективен вследствие краткосрочности события, и чаще всего накапливающего действия факторов (в том числе и токсических).

Таким образом, для оценки рисков весьма удобным инструментом является изучение наводнений с позиции риск-анализа, что позволяет не только рассмотреть экстремальные гидрологические явления целостно в системе их причинно-следственных связей и получить объективные физические характеристики их формирования и развития в пространственно-временном диапазоне, но и выявить перечень жилых и промышленных объектов и оценить последствия для природно-хозяйственных систем [3].

Необходимые для оценочных операций показатели, такие как повторяемость, интенсивность проявления события определяются по многолетним данным гидрологических наблюдений уровенного режима, экстремальных расходов, интенсивности подъема и спада воды, продолжительности стояния высоких отметок и др. Картирование зон затопления выполняются при помощи ArcGIS. В качестве гидрологической информации используются расчетные уровни воды в створах, полученные с помощью кривых распределения ежегодных вероятностей превышения максимальных уровней воды дождевых паводков. Для населенных пунктов, не располагающими гидрометрическими постами применяется метод интерполяции с учетом продольного профиля и падения реки на основе крупномасштабных карт.

С помощью генеральных планов, статистических данных муниципальных образований и др., а также в ходе экспедиционных обследований определяется перечень хозяйственных объектов различного функционального назначения в пределах земель поселений. Современным инструментом для решения данной задачи является Единая автоматизированная информационная система «Имущественно – земельный комплекс Республики Бурятии». Предоставление информационного банка данных дает возможность получить сведения границ поселений, земельных участков, объектов капитального строительства, включая их координатную привязку, а также площади неиспользуемых и свободных земель и др.

Полученный набор параметров с помощью ГИС технологий дает возможность конструировать различные имитационные модели прохождения наводнений как для отдельной реки и ее участков, так и бассейна в целом.

Процедура расчетов рисков основана на показателях опасности через параметр уязвимости, позволяющий определить физический риск или пораженность территории, хозяйственных объектов, населения (в физических величинах), который является основой для расчетов возможных рисков (вероятных ущербов) для любого выбранного варианта протекания события [3, 4].

Расчеты экономического и социального рисков в стоимостных значениях выполняются с использованием удельных показателей по методике оценки вероятностного ущерба от вредного

воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий [5]. Для определения экологического риска возникает проблема и заключается она, прежде всего, в отсутствии утвержденной методики оценки и расчета экологического ущерба в том числе применительно к участку мирового природного наследия. В разных источниках встречаются только экспертные оценки возможных экологических последствий от наводнений. Поэтому для экологической составляющей обобщенных оценок возможных ущербов предложенная методика позволяет провести риск-анализ объектного негативного воздействия в зонах затопления на основе сценарного подхода в физических показателях.

Для исследования оценки рисков определена территория бассейна в границах республики Бурятия. Катастрофический характер несут стоковые наводнения, связанные с экстремальными расходами и уровнями воды в реках. Расчеты по повторяемости показывают о преобладании паводковых, что составляет 61–90 %. Глубина затопления по исследуемым гидрологическим постам составляет от 50 до 437 см в зависимости от гидрологических и гидроморфологических особенностей русла и пойменных территорий и в целом прохождения наводнений. Повторяемость или превышение уровня воды выше критических отметок может достигать до 0,8, однако, это в большинстве случаев небольшие локальные затопления, характерные преимущественно для верховьев рек бассейна. Средние наводнения встречаются с вероятностью 0,1–0,3 и экстремальные 0,05–0,1 [3].

Максимальная площадь прибрежных территорий, подверженная затоплению, достигает 3122,8 км^2. Отображение зон затопления на крупномасштабных топоосновах, топопланах, ортофотопланах позволило оценить масштабы негативного воздействия вод по категориям земель. Так, сильно подвержены земли сельскохозяйственного назначения, что составляет 231,6 тыс. га, из которых около 60 % – пастбища, 24 % сенокосы. Периодическому затоплению подвергаются 109 населенных пунктов, в том числе г. Улан-Удэ. Площади земель населенных пунктов составляет 10,3 тыс.га.

Результаты исследования социально-экономической оценки рисков от наводнений на р. Селенга выполнены по трем сценариям с целью необходимости разработки рекомендаций защитных сооружений и экономического механизма. В целом, при наводнениях в бассейне поражается 480,6 км^2/год. Высокие показатели отмечаются непосредственно на р. Селенга, что составляет 48 %, т. е. почти половина всех затопляемых земель. Остальную часть дают ее притоки. Значения существенны для бассейнов рек Чикой, Уда, Джида и относительно невелики для р. Хилок. Колоссальные потери несет сельскохозяйственная отрасль. Ежегодно временно выводится из оборота 35,9 тыс. га сельскохозяйственных земель.

Прямой ущерб для республики при наиболее масштабном наводнении на р. Селенга оценивается более 11,2 млрд руб.; р. Чикой – 0,8 млрд руб.; Уда– 0,7 млрд руб.; Джида – 0,3 млрд руб. Огромные ущербы в пределах поселений отмечаются непосредственно на р. Селенга: хозяйственным объектам – более 1,8 млрд руб. в год; населению – 153,7 млн руб., из которых 81 % – для г. Улан-Удэ.

Экологические риски рассмотрены на примере г. Улан-Удэ. Город расположен в нижнем течении р. Селенга в месте слияния р. Уда. Селенга в границах города имеет хорошо разработанную резко ассиметричную долину с обширной левобережной поймой шириной 4–5 км. Уда является одним из основных ее притоков, пойма реки развита фрагментарно. Пойменно-равнинные территории города хорошо освоены и заселены. Затоплению подвергаются практически вся левобережная часть, исторический центр города, отдельные микрорайоны и пригородные поселки. В зоне затопления расположены более 11,0 тыс. объектов, в том числе около 7,6 тыс. домов частного сектора (только в границах Муниципального образования города).

Следует отметить, что на сегодня Улан-Удэ практически не защищен от негативного воздействия вод. Существующие отдельные дамбы обвалования в центре города и района очистных сооружений являются лишь частичной защитой, и на сегодняшний день оцениваются как аварийные, требующие ремонта или реконструкции [6].

Вследствие прохождения катастрофического паводка затоплению и подтоплению подвергаются экологически опасные объекты: 4 АЗС, очистные сооружения города, 7 СТО, канализационная сеть центра (ул. Шмидта, Свободы, Советская, Куйбышева,

Каландаришвили) и района Бурводстроя, Ремстар, Речпорт, Магистраль-строй-сервис, птицефабрика, 2 электроподстанции и неблагоустроенные жилые дома (более 7,0 тыс.), не имеющие водоотведения хозяйственно-бытовых стоков и т.д.

Максимальную опасность представляют городские очистные сооружения. Мощность составляет 185 тыс. $м^3$ в сутки. В составе сооружения: 8 иловых карт общей емкостью 40 тыс. $м^3$; отстойники, песколовки, цех обезвоживания, гараж и т.д. Иловые карты содержат 64 тыс. тонн осадков очистных сооружений. В случае прорыва дамбы в р. Селенга, а далее в Байкал могут попасть 17,5 тонн фосфора, 51,6 тонн азота аммонийного, 26,3 тонн азота общего, 31,2 тонн хлоридов, 19,1 тонн марганца, 121 кг свинца, 90 кг меди, 13 кг кадмия (данные МПР РБ).

По экспертным оценкам при паводке 1 % обеспеченности объем загрязненной воды, поступивший в водный объект, составит более 61 млн $м^3$. Экспертный расчет экологического ущерба по методике Росприроднадзора оценивается около 100 млрд руб. (данные МПР РБ).

Таким образом, экологические риски от затопления потенциально опасных объектов только г. Улан-Удэ превосходят социально-экономические на порядок.

Итак, исследование показывает, что катастрофические наводнения на р. Селенга создают чрезвычайные ситуации федерального уровня, наносят республике и России в целом колоссальные ущербы. Высокие риски обусловлены не только социально-экономическими, но и экологическими следствиями.

Полученные в процессе работы зоны затопления позволяют определить масштабы негативного воздействия вод по категориям земель и выявить жилые и промышленные объекты, представляющие экологическую опасность. Отсутствие утвержденной методики не позволяет оценить экологический риск в стоимостных значениях. Однако, собранная база данных по потенциально опасным объектам, расположенных в зонах затопления, позволяет рассматривать разные варианты прохождения события и моделировать ситуации.

Для возможного снижения рисков от наводнений сегодня необходимо решение некоторых первоочередных вопросов: строительство дамб обвалования, ремонт и реконструкция защитных сооружений, в первую очередь, для г. Улан-Удэ; разработка экономического механизма налоговых льгот, системы страхования для населения, проживающих в опасных зонах; достаточное финансирование для реализации мероприятий по защите, исходя из существующих ущербов с учетом всей полноты негативных последствий для экосистемы озера Байкал.

Исследование проведено за счет гранта Российского научного фонда при поддержке Республики Бурятия (проект № 18-45-030020).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рыбальский Н.Г., Муравьева Е.В., Борискин Д.А., Борисова Т.А.* и др. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году» / Н.Г. Рыбальский, Е.В. Муравьева и др. М.: Изд-во НИА-Природа, 2016. 639 с.
2. Ежегодный доклад Правительственной комиссии по Байкалу в 1988 г. «Охрана озера Байкал и обеспечение рационального природопользования в Байкальском регионе». Государственный центр экологических программ. М., 1999. 228 с.
3. *Борисова Т.А.* Природно-антропогенные риски в бассейне оз. Байкал /Т.А. Борисова. Новосибирск: Изд-во «Гео», 2013. 126 с.
4. Природные опасности России. Тем. Т. 6. Оценка и управление природными рисками / Под ред. А.Л. Рагозина. М.: Издательская фирма «КРУК», 2003. 320 с.
5. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий. М.: ФГУП «ВИЭМС», 2006. 97 с.
6. *Borisova T.A.* Evaluation of Flooding Risk and Engineering Protection against floods for Ulan-Ude /To cite this article: T A Borisova 2017. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 262. 012191 (WOS).

УДК 504.4:556.16

НАВОДНЕНИЯ НА РЕКЕ АМУР: ДИНАМИКА, ПРОГНОЗ И ПРИЧИНЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ

Бортин Н.Н., Милаев В.М.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал
г. Владивосток, Россия
dvf@wrm.ru

Ключевые слова: наводнения, многолетняя динамика, цикличность характеристик, сверхдолгосрочный прогноз, трансформация экстремальных уровней воды.

По данным многолетних наблюдений за максимальными годовыми уровнями и расходами воды на Верхнем, Среднем и Нижнем Амуре исследована структура многолетней динамики наводнений, выявлены характеристики (период, фаза, амплитуда) их циклических вариаций, предложена схема сверхдолгосрочного прогноза наводнений и показана ее оправдываемость, выявлены причины трансформации экстремальных уровней воды.

FLOODS ON THE AMUR RIVER: DYNAMICS, FORECAST AND CAUSES TRANSFORMATIONS OF EXTREME WATER LEVELS

Bortin N.N., Milaev V.M.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Far Eastern Branch
dvf@wrm.ru

Key words: floods, long-term dynamics, cyclical characteristics, ultra-long-term forecast, transformation of extreme water levels.

According to long-term observations of the maximum annual levels and discharges of water on the Upper, Middle and Lower Amur, the structure of long-term flood dynamics was studied, the characteristics (period, phase, amplitude) of their cyclic variations were revealed, a scheme for ultra-long-term flood forecasting was shown, and its rather high justification was shown, and revealed its fairly high causes of transformation of extreme water levels.

Исторически сложившаяся объективно обусловленная ситуация с размещением объектов хозяйственной инфраструктуры в долинах рек бассейна Амура привела к тому, что наводнения здесь по степени воздействия на хозяйственные комплексы являются наиболее значимыми из природных экстраординарных рисков. Наводнения стали структурообразующим фактором, влияющим на экономику региона. В разные годы их доля в общем объеме ущерба колеблется от 60 до 100 %, при этом нарушается или полностью прекращается функционирование объектов федерального значения. В период наводнений ухудшается санитарное состояние водных объектов и качество вод поверхностных источников питьевого водоснабжения. Помимо прямых ущербов, регион несет огромные косвенные ущербы, отражающиеся на социальном развитии территорий и здоровье населения. Минимизация ущербов от наводнений в значительной степени возможна при сверхдолгосрочном прогнозировании этого природного риска.

Высокие наводнения на Верхнем и Среднем Амуре происходят преимущественно в июле-августе, на Нижнем Амуре в августе-сентябре.

По принятой Росгидрометом градации различаются [2–3]:

– «небольшие (малые) наводнения» – выход воды на пойму и начало затопления сельхозугодий;

– «большие наводнения» – значительное затопление сельхозугодий и начало затопления населенных пунктов;

– «выдающиеся наводнения» – практически полностью парализуют хозяйственную деятельность, вызывают необходимость массовой эвакуации населения;

– «катастрофические наводнения» – парализуют хозяйственную деятельность, есть жертвы среди населения.

С целью установления наиболее вероятных периодов прохождения катастрофических наводнений на р. Амур проанализирована динамика максимальных годовых уровней и расходов воды на Верхнем, Среднем и Нижнем Амуре за многолетний период 103–118 лет.

Принято, что на Амуре катастрофическими являются наводнения, при которых происходит полное затопление сельхозугодий и населенных пунктов; при близких к ним выдающихся наводнениях, отмечается затопление сельхозугодий и отдельных жилых массивов. При катастрофических наводнениях превышение уровней воды над уровнем выхода воды на пойму (начало наводнения) составляет 220–250 см, для выдающихся наводнений аналогичные значения равны 170–220 см.

За рассматриваемый период повторяемость катастрофических и близких к ним (в пределах 20 % верхней части амплитуды выдающихся наводнений), при которых наблюдаются наиболее значительные разрушения и ущербы на р. Амур составляет 22–25 % (в зависимости от продолжительности периода наблюдений); повторяемость катастрофических наводнений – 15,6 %; при этом в 98 % случаев они отмечаются по всей длине Амура.

Основные показатели наводнений на р. Амур приведены в табл. 1.

Табл. 1. Характеристика выдающихся и катастрофических наводнений на р. Амур

Пункт	Период лет наблюдений, N	За период наблюдений $\frac{Hm,см}{Qm,м^3/с}$ год	Характеристика	Категория наводнения	
				Выдающееся	Катастрофическое
с. Черняево – Верхний Амур	1899–2015	1184	Уровень H_m, см	751 – 800	> 800
	116	22200	Число случаев	4	6
		1958	% от N	3,4	5,2
с. Гродеково – Средний Амур	1912–2015	1202	Уровень H_m, см	1101 – 1150	> 1150
	103	29.600	Число случаев	3	3
		1958	% от N	2,9	2,9
г. Хабаровск – Нижний Амур	1897–2018	808	Уровень H_m, см	551 – 600	> 600
	121	46000	Число случаев	11	9
		2013	% от N	9,3	7,6

Примечание: *Hm, Qm* – максимальные за период наблюдений уровни и расходы воды.

Анализ материалов за уровнями и расходами воды показал, что появление выдающихся и катастрофических наводнений происходит через определенные промежутки времени, а чередование интервалов времени между наводнениями носит квазипериодический характер.

Учитывая данный факт, была разработана модель многолетней динамики катастрофических наводнений. В основу модели положено предположение о цикличности процессов, формирующих наводнения. На основании существующих исследований по изучению структуры многолетних колебаний гидрометеорологических характеристик установлено, что основными являются циклические вариации с периодами (лет):

2 – 4 (квазидвухлетний цикл);

8 – 14 (цикличность, обусловленная гелиофизическими и приливными факторами);

18 – 22 (цикличность за счет нутационных сил Луны);

26 – 40 (цикл Брикнера, со средним периодом ~ 35 лет);

50 – 100 (вековая составляющая гелиофизического характера).

Общая схема, описывающая квазипериодические колебания характеристик наводнений в разработанной модели, представлена как сумма гармоник с данными периодами. Параметры гармоник (период, амплитуда, фаза) определены методом последовательных приближений при минимуме отклонений от фактических значений характеристик наводнений.

В результате анализа выявлено, что периодичность наводнений обусловлена в основном циклами, продолжительностью (лет): 3,4 (6 %); 9 (17 %); 18,6 (23 %); 63 (39 %); в скобках указан средний вклад (по амплитуде) в высоту наводнений.

Расчеты по предложенной модели характеристик наводнений, изложенные еще в 2014 г. в работе [1] показали, что с вероятностью 67–80 % катастрофические и близкие к ним выдающиеся наводнения на р. Амур следует ожидать в период 2019–2023 гг. (прогноз на 2019 г. оправдался). В этой же работе подробно изложены основные положения методики сверхдолгосрочного прогноза наводнений на р. Амур.

Экстремальные (максимальные) естественные уровни воды на р. Амур могут подвергаться под влиянием хозяйственной деятельности существенной трансформации, которая приводит к их повышенным значениям, превышающим естественный уровень, который не соответствует наблюдающейся ранее кривой расходов и уровней воды для данного створа.

В качестве примера может быть приведена ситуация, сложившаяся на р. Амур в створе г. Хабаровск в 2013 г.

В результате хозяйственного освоения водосбора и мероприятий в русле реки в период с 1984 по 2013 гг. на р. Амур у г. Хабаровск, произошло сужение русла и поймы р. Амур и, как следствие, развитие подпорных явлений. К основным действиям, которые обусловили изменение (сужение) русла и поймы реки, привело следующее:

– строительство польдера на Большом Уссурийском острове;

– строительство полузатопленных дамб в истоках проток Пемзенской и Бешеной;

– реконструкция железнодорожного и строительство автодорожного моста через р. Амур;

– устройство защитного сооружения (ковша) вокруг оголовка городского водозабора в русле р. Амур (2 км ниже впадения Амурской протоки) (размер ковша в плане ~5000 м^2; для его сооружения использована каменная наброска из гранодиорита объемом 36000 м^3);

– действия КНР по одамбованию р. Амур на границе с Хабаровским водным узлом и уменьшению поперечного сечения русла (с частичным перекрытием) протоки Казакевичева.

В результате, максимальный уровень воды р. Амур в данном створе в 1913 г. превысил уровень, соответствующий естественной кривой расходов, на 108 см.

Наблюдавшиеся в 2013 г. у г. Хабаровска расход и уровень воды в исторической перспективе может быть превышен. Для оценки этого события требуется разработка адекватной модели формирования стока р. Амур (с учетом стока основных притоков), формирования подпорных явлений и определения предельного (максимально возможного) расхода воды по створам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бортин Н.Н., Милаев В.М.* Исследование многолетней динамики и схема сверхдолгосрочного прогноза наводнений на реке Амур // Водное хозяйство России. 2014. № 4. С. 45–58.
2. *Нежиховский Р.А.* Наводнения на реках и озерах. Л.: Гидрометеоиздат, 1988.184 с.

Таратунин А.А. Наводнения на территории Российской Федерации. Екатеринбург: Изд-во ФГУП РосНИИВХ, 2008. 432 с.

УДК 626/627

О РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ванаев Н.О.
Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области,
г. Екатеринбург, Россия
n.vanaev@egov66.ru

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, паводковые расходы, Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области.

В докладе отображается ситуация по гидротехническим сооружениям, расположенным на территории Свердловской области, меры по поддержанию их в технически исправном состоянии, а также информация о проводимой государственной политике исполнительных органов государственной власти Свердловской области по данному направлению.

ON THE IMPLEMENTATION OF THE STATE POLICY IN THE SPHERE OF HYDRAULOGICAL FACILITIES SAFETY SECURING ON THE TERRITORY OF SVERDLOVSK OBLAST

Vanayev N.O.
Ministry of Natural Resources and Ecology of Sverdlovsk Oblast,
Ekaterinburg, Russia
n.vanaev@egov66.ru

Key words: hydraulic facilities, flood flow, Ministry of Natural Resources and Ecology of Sverdlovsk Oblast.

The report presents the situation concerning hydraulic facilities located on the territory of Sverdlovsk Oblast, measures aimed at keeping them in due technical conditions, as well as information of the conducted state policy of the Sverdlovsk Oblast executive bodies in this respect.

Во исполнение Федерального закона № 117-ФЗ и Положения о Министерстве природных ресурсов и экологии Свердловской области, утвержденного постановлением Правительства Свердловской области от 16.09.2015 № 832-ПП, исполнительным органом государственной власти Свердловской области, который участвует в проведении на территории Свердловской области государственной политики в сфере обеспечения безопасности ГТС и реализует государственную программу Свердловской области «Обеспечение рационального и безопасного природопользования на территории Свердловской области до 2020 года», утвержденную постановлением Правительства Свердловской области от 21.10.2013 № 1269-ПП (далее – государственная программа), направленную, в том числе на повышение эксплуатационной надежности ГТС (в том числе бесхозяйных) путем их приведения к безопасному техническому состоянию, является Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области (далее – Министерство).

Обеспечение безопасности ГТС и предупреждение связанных с их авариями чрезвычайных ситуаций представляют собой существенный аспект проблемы национальной безопасности как Российской Федерации, так и Свердловской области.

На территории Свердловской области расположены в основном ГТС III–IV классов опасности, последствия от аварий на таких ГТС могут стать социально значимыми.

Одной из основных причин возникновения аварий на ГТС является неготовность ГТС к пропуску паводковых расходов через водосбросные сооружения, в результате которой вода начинает переливаться через гребень дамбы, что приводит к ее разрушению, особенно на паводкоопасных направлениях.

Пропуск расходов воды может быть затруднен из-за износа и разрушения водосбросных сооружений, разрушения их отдельных элементов.

Средний возраст ГТС Свердловской области составляет несколько десятков лет, а некоторые ГТС построены еще сто лет назад. Безопасность ГТС снижается из-за отсутствия проектной документации по гидроузлам, вследствие чего невозможно оценить состояние и безопасность ГТС, а также из-за невысокого качества эксплуатационного обслуживания.

По состоянию на 1 апреля 2019 года на территории Свердловской области учтены 533 ГТС, из них 433 – плотины с образованными ими водохранилищами, 62 – накопители сточных вод, 22 – защитные противопаводковые дамбы и 16 каналов.

393 из 533 ГТС находится в муниципальной собственности, 125 ГТС – в частной собственности предприятий и организаций, 7 ГТС – в государственной собственности Российской Федерации, 4 ГТС – в государственной собственности Свердловской области, 3 ГТС – в частной собственности физических лиц, 1 ГТС – бесхозяйные.

По состоянию на 1 апреля 2019 года из 533 ГТС нормальный уровень безопасности имели 174 ГТС, пониженный уровень безопасности – 286 ГТС, неудовлетворительный уровень безопасности – 61 ГТС. Опасный уровень имеют 8 ГТС: Некрасовское № 1 и № 2 (Белоярский городской округ), Кушвинское (Кушвинский городской округ), Полевское (Полевской городской округ), Староуткинское (городской округ Староуткинск), Верхне-Туринское (Городской округ Верхняя Тура), Восточно-Шишимское (Новоуральский городской округ), Верхне-Сергинское (городское поселение Верхние Серги). Указанные ГТС находятся в муниципальной собственности. По причине спуска воды в водохранилищах, образованных ГТС, 3 ГТС не эксплуатируются. 1 ГТС (шламонакопитель) находится в стадии ликвидации.

За период 2011–2018 гг. осуществлена реконструкция и капитальный ремонт более 25 ГТС, находящихся на территории Свердловской области, на общую сумму около 2,59 млрд рублей.

В 2019 году Правительством Свердловской области заключено Соглашение с Федеральным агентством водных ресурсов о предоставлении в 2019 году из федерального бюджета субсидий бюджету Свердловской области на софинансирование мероприятий региональных (муниципальных) целевых программ в области использования и охраны водных объектов в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» по направлению: «Защита от негативного воздействия вод и обеспечение безопасности гидротехнических сооружений (капитальный ремонт гидротехнических сооружений, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности, капитальный ремонт и ликвидация бесхозяйных гидротехнических сооружений)», объем предусмотренного финансирования из средств федерального бюджета – 101 276,300 тыс. рублей.

В рамках подпрограммы 2 «Развитие водохозяйственного комплекса Свердловской области» государственной программы в 2019 г. финансируется 6 мероприятий по осуществлению капитального ремонта гидротехнических сооружений в 6 муниципальных образованиях.

4 мероприятия являются переходящими мероприятиями с 2018 года: Кушвинское (Кушвинский городской округ), Нижнесалдинское (Нижнесалдинский городской округ), Александровское (муниципальное образование Красноуфимский округ) и Пелевинское ГТС (Байкаловский муниципальный район).

В текущем году начинается капитальный ремонт на 2 ГТС: Зеленоборского ГТС (муниципальное образование город «Екатеринбург») и Холкинского ГТС (Пышминский район). Срок реализации данных мероприятий: 2019–2020 годы. Финансирование мероприятий по капитальному ремонту Зеленоборского ГТС и Холкинского ГТС запланировано из областного и муниципального бюджетов, без софинансирования из федерального бюджета.

Общий объем планируемого финансирования мероприятий на 2019 год составляет 198 366,36 тыс. рублей, в том числе 101 276,30 тыс. рублей – средства федерального

бюджета, 65 982,54 тыс. рублей – средства областного бюджета, 31 107,52 тыс. рублей – средства муниципальных бюджетов.

В 2019 году планируется завершение 3 мероприятий по капитальному ремонту Кушвинского, Александровского и Пелевинского ГТС.

В результате планируемых к завершению в декабре 2019 года мероприятий по капитальному ремонту вышеуказанных ГТС численность населения, проживающего на территориях, подверженных риску затопления в случае аварии на ГТС, будет снижена на 441 человека. Размер ущерба, предотвращенного в результате приведения в безопасное состояние ГТС, составит 363,25 млн. рублей.

В части осуществления мероприятий по бесхозяйным гидротехническим сооружениям необходимо отметить, что с 2007 года были оформлены в собственность более 115 гидротехнических сооружений, ранее не имеющих собственника.

По состоянию на 01 апреля 2018 года на территории Свердловской области имелось 2 бесхозяйных гидротехнических сооружения – Нейво-Рудянское ГТС (Кировградский городской округ) и Кипринское ГТС (Невьянский городской).

По решению суда Кипринское ГТС в мае 2018 года принято в муниципальную собственность.

В 2019 году Министерством разработано техническое задание на разработку проектно-сметной документации по объекту: «Консервация части Нейво-Рудянского гидротехнического сооружения (земляная плотина и водосброс, расположенный в северо-восточной части водохранилища) в п. Нейво-Рудянка Кировградского городского округа Свердловской области». Торги на выполнение работ по разработке проектно-сметной документации состоялись в июне 2019 года. По результатам проведения торгов определена организация, которая будет выполнять вышеуказанные работы.

Согласно Плану мероприятий по обеспечению безопасности ГТС Нейво-Рудянского водохранилища (Кировградский городской округ), которое не имеет собственника или собственник которого неизвестен либо от права собственности на которое собственник отказался, согласованным Уральским управление Ростехнадзора, срок завершения работ по консервации (ликвидации) Нейво-Рудянского ГТС – декабрь 2020 года.

Постановлением Правительства Свердловской области от 20.09.2016 № 682-ПП «Об определении Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области уполномоченным органом по согласованию расчета размера вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц на территории Свердловской области в результате аварии на гидротехническом сооружении, и признании утратившим силу постановления Правительства Свердловской области от 30.09.2004 № 945-ПП «Об уполномоченном органе по согласованию расчета вероятного вреда, который может быть причинении жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц на территории Свердловской области в результате аварии гидротехнического сооружения» Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области (далее – Министерство) определено областным исполнительным органом государственной власти Свердловской области, согласующим расчет размера вероятного вреда, который может быть причинении жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии на гидротехническом сооружении, расположенном на территории Свердловской области.

Государственная услуга по согласованию расчета размера вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения, расположенного она территории Свердловской области, предоставляется Министерством в соответствии с приказом Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области от 13.11.2018 № 1340. По состоянию на 01.07.2019 Министерством рассмотрено 143 расчета, из которых 99 расчетов были согласованы, в согласовании 44 расчетов отказано.

УДК 502.14

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ВОДНОГО КРИЗИСА: РЕСУРСЫ, ПОТРЕБНОСТИ В ИНВЕСТИЦИЯХ

Веницианов Е.В., Аджиенко Г.В.
ФГБУН «Институт водных проблем РАН», Москва, Россия
eugeny.venitsianov@gmail.com

Ключевые слова: мировой водный кризис, водное хозяйство, ресурсы вод, качество вод, инвестиции.

Мы живем в условиях мирового водного кризиса, который, с одной стороны, характеризуется истощением запасов водных ресурсов, а с другой, важнейшая отрасль экономики – водное хозяйство – испытывает острейший дефицит в финансировании соответствующих водохозяйственных и водоохранных проектов.
В период с 1960 по 2010 гг. общемировой объем водозабора человеком увеличился с ~1700 до ~4000 км^3/год и, по прогнозам, к концу столетия увеличится до ~6000 км^3/год, а общемировое потребление воды, как ожидается, возрастет до ~3000 км^3/год. О наступлении водного кризиса еще 20 лет назад писал В.И. Данилов-Данильян [1]. В настоящее время недостаток воды для людей и экономики стал предметом мировых форумов. В предлагаемой статье рассмотрены актуальные проблемы глобального водного кризиса и перспективы их решения.

SOME PROBLEMS OF THE GLOBAL WATER CRISIS: RESOURCES AND INVESTMENT NEEDS

Venitsianov E.V., Ageenko G.V.
Institute of Water Problems of RAS

Key words: world water crisis, water economy, water resources, water quality, investments

We live in the conditions of the world water crisis, which, on the one hand, is characterized by the depletion of water resources, and on the other hand, the most important sector of the economy – water management – is experiencing an acute shortage in the financing of relevant water management and water protection projects.
Between 1960 and 2010, global human water abstraction increased from ~1,700 to ~4,000 km^3/year and is projected to increase to ~6,000 km^3/year by the end of the century, and global water consumption is expected to increase to ~3,000 km^3 / year. V. I. Danilov-Danilyan wrote about the onset of the water crisis 20 years ago [1]. Currently, the lack of water for people and the economy has become the subject of world forums. The article deals with the current problems of the global water crisis and the prospects for their solution.

Общая характеристика водного кризиса. Общий объем мирового водного рынка оценивается в $ 591 млрд, 88 % которых приходятся на капитальные и операционные затраты муниципальных служб водоснабжения. Несмотря на общее замедление экономического роста, множество факторов обусловливают увеличение мирового водного сектора, в том числе недостаток пресной воды и растущая нагрузка на водные ресурсы. К факторам роста также относят ужесточение требований к качеству питьевой воды и увеличение инвестиций в устаревшую инфраструктуру. В результате ожидается, что рост расходов в водном секторе превысит среднегодовые темпы роста на 5–6 % в течение ближайших пяти лет, а рыночные возможности, связанные с водным сектором, достигнут $ 1 триллиона к 2025 г.

Основной задачей водного сектора является обеспечение безопасной питьевой воды не только в достаточном объеме, но и необходимого качества. Для этих целей используются современные методы водоочистки (дезинфекция при помощи озона, диоксида хлора, ультрафиолета, мембранные фильтры). Даже страны с традиционно высокими стандартами качества вод испытывают потребность в дорогостоящей инфраструктуре водоочистки. Так,

например, капитальные затраты Швейцарии на модернизацию текущих водоочистных сооружений составят $ 1,2 миллиарда в ближайшие 20 лет.

Испытывая недостаток в пресной воде, ряд стран используют возможности ее повторного использования. Ежедневный объем муниципальных сточных вод оценивается в 684 млн $м^3$, в то время как повторно используется только 4 %. Проект по очистке и повторному использованию муниципальных стоков был внедрен в Калифорнии: инвестиции составили более $ 480 млн, притом такое решение оказалось более экономически эффективным, чем импорт воды из соседнего региона.

Еще одной альтернативой решения проблемы недостатка пресной воды является опреснение – процесс удаления солей и других минералов из соленой воды. В большей степени такое решение оправдано в засушливых, прибрежных регионах. По данным 2014 г., около 1 % всей потребляемой в мире пресной воды был получен путем опреснения: около 17 000 опреснительных заводов в 150 странах обслуживают более 300 млн человек. К 2015 г. общая мощность опреснительных заводов составила около 89 млн $м^3$/день, причем лидерами по производству являются страны Ближнего Востока, традиционно испытывающие нехватку пресной воды.

Инвестиции в строительство среднего завода по опреснению воды мощностью 37 850 $м^3$/день составляют около $ 80 млн. Несмотря на то что опреснение все еще является дорогостоящей технологией, с годами удельные затраты на производство опресненной годы падают: за последние 40 лет расходы на опреснение снизились в 10 раз: производство обходилось в $10 за 1 $м^3$, сейчас – менее $ 1. Использование возобновляемых источников энергии, повышение эффективности мембран обратного осмоса, применение технологий с низким давлением сокращают стоимость опреснения.

Так или иначе, применение технологий по водоочистке находится в прямой зависимости от экономического состояния: чем больше ВНП на душу населения, тем больше затраты на водоочистку. Ежегодно службы водоснабжения Европы инвестируют около € 45 млрд в водную инфраструктуру или € 93,5 на душу населения.

В настоящее время более 80 % стран мира заявляют о недостатке финансирования для достижения национальных целей в области обеспечения удовлетворительных санитарных условий, качества и доступности питьевой воды [2].

Тревожной тенденцией является физическое уменьшение ресурсов пресных вод, что вызвано рядом факторов, но которые необходимо учитывать.

Согласно последним исследованиям NASA, запасы 21 из 37 крупнейших водоносных горизонтов планеты сокращаются. Например, бассейн Ганга в Индии истощается со скоростью 6,31 см/год в связи с ростом населения и увеличением потребности в воде для ирригации [3]. Наибольшая нагрузка приходится на Арабский водоносный комплекс, обеспечивающий пресной водой около 60 млн человек [4]. На рис. 1 представлено изменение уровней крупнейших водоносных горизонтов Земли. В связи с неравномерностью распределения поверхностных вод, а также их непостоянным качеством около 2 млрд людей получают пресную воду исключительно из подземных запасов [5].

Оба источника пресной воды взаимно зависят друг друга: поверхностные водные объекты либо питают подземные, либо получают от них воду. Непрерывный водообмен между поверхностными и подземными источниками, таким образом, неизбежно влияет на количество и качество пресных вод. Истощение поверхностных запасов напрямую вызвано продолжительным понижением уровня водоносных горизонтов [6]. Таким образом, поддержание устойчивого баланса водных ресурсов в долгосрочном периоде невозможно гарантировать. Для этого необходимо соблюдение двух условий – отсутствие загрязнений и чрезмерной эксплуатации, – которые человечество пока не в силах обеспечить [7]. При сохранении текущей тенденции к 2050 г. недостаток пресной воды, обусловленный увеличением водозабора, изменением климата и загрязнением источников воды, затронет 5 млрд человек [8]. На рис. 2 представлены масштабы истощения доступных водных ресурсов [9].

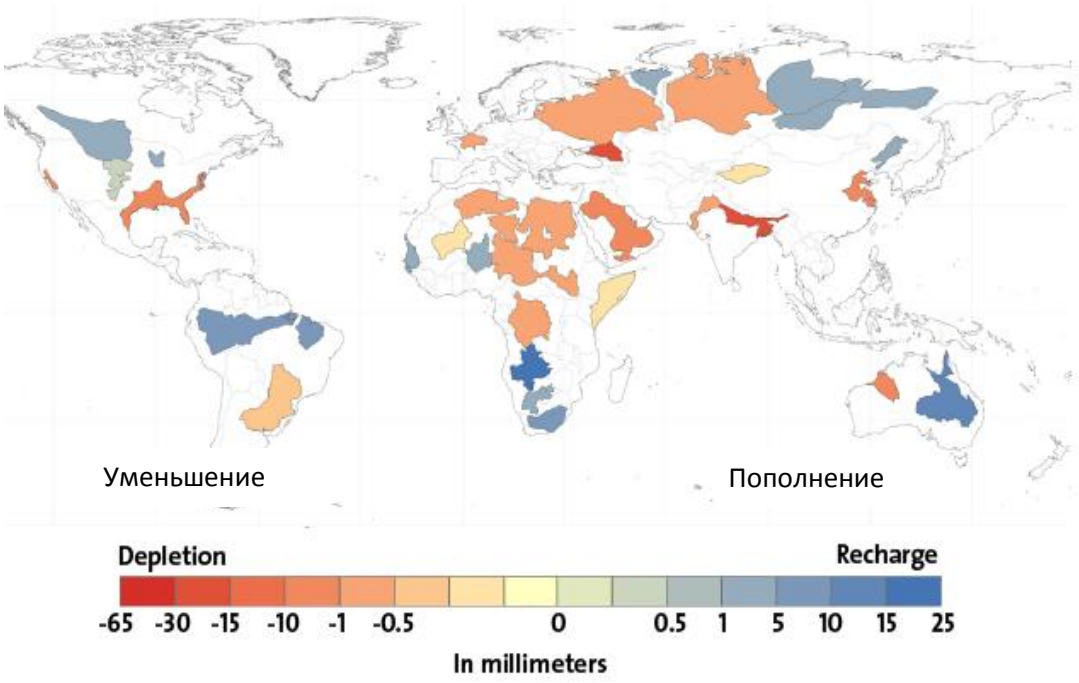


Рис. 1. Изменение уровней крупнейших водоносных горизонтов Земли (мм в год).

Проблема загрязнения вод. Ухудшение качества питьевой воды – одна из ключевых проблем, стоящая перед мировым сообществом [10]. Источники загрязнения водных объектов могут быть точечными и неточечными (табл. 1). Первые представляют собой четко установленные места поступления загрязняющих веществ в водную среду (пример – очистные сооружения). Неточечные источники рассредоточены по площади водосбора (пример – смыв пыли с городской территории в результате ливня).

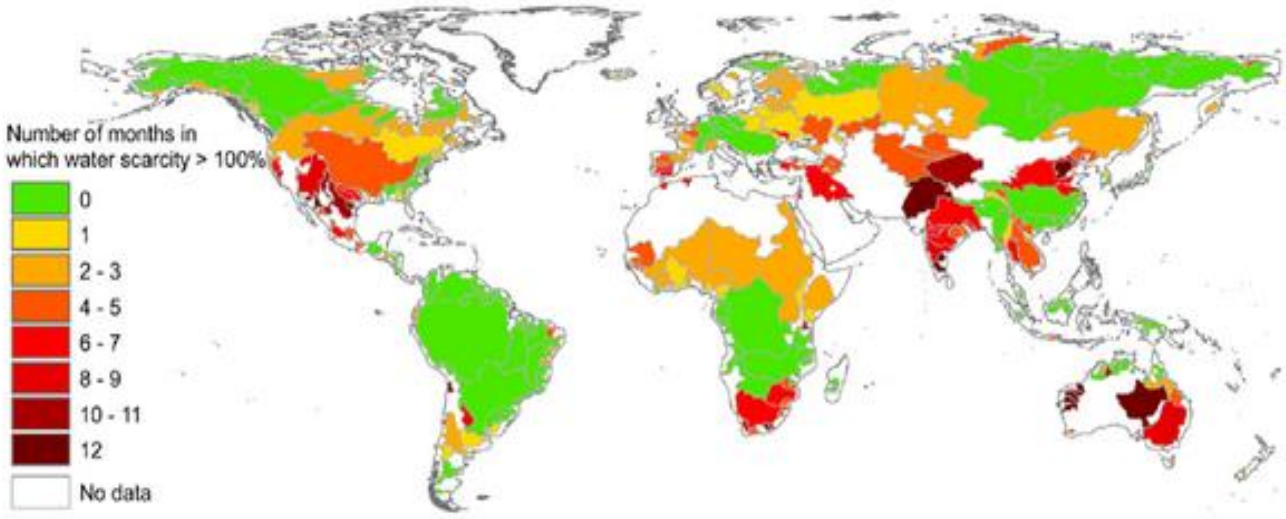


Рис. 2. Количество месяцев в году, в течение которых истощение водных ресурсов для использования человеком превышает 20 % естественно возобновляемого водоснабжения в реках, озерах и водоносных горизонтах.

Табл. 1. Сравнение точечных и неточечных источников загрязнения вод [11]

Точечные источники	**Неточечные источники**
Обладают постоянным составом и качеством	Динамично меняются; появляются со случайной периодичностью преимущественно в связи с осадками
Параметры качества обычно изменяются в пределах одного порядка	Параметры качества могут меняться в пределах нескольких порядков
Оказывают наибольшее воздействие на качество вод в летний период межени	Оказывают наибольшее воздействие на качество вовремя или после выпадения осадков
Поступают в водные объекты через определенные точки (трубы, каналы)	Место поступления в водный объект сложно обнаружить
Параметры могут быть измерены при помощи традиционных методов мониторинга	С трудом поддаются анализу при помощи традиционных методов мониторинга
Ключевыми параметрами качества являются органические загрязнители (биологическое потребление кислорода), растворенный кислород, минеральные элементы, растворенные твердые вещества, тяжелые металлы и синтетические органические вещества	Ключевыми параметрами качества являются осадочные отложения, минеральные элементы, тяжелые металлы, синтетические органические вещества, pH и растворенные кислород

Наиболее распространенные по объемам поступления сточные воды:

– хозяйственно-бытовые стоки, формирующиеся в быту;

– производственные стоки промышленных предприятий;

– сельскохозяйственные стоки животноводческих и птицеводческих хозяйств;

– ливневые – поверхностные стоки с городских территорий, промышленных площадок и объектов транспортной инфраструктуры;

– дренажные – грунтовые воды, отводимые от зданий и сооружений, а также с мелиорируемых полей;

– сточные воды горно- и нефтедобывающей промышленности – водоотливы шахт, пластовые воды, оборотные воды обогатительных фабрик и иные жидкие субстанции, способные напрямую загрязнять окружающую среду;

– условно чистые сточные воды преимущественно природного качества, используемые для систем охлаждения различных термических и энергогенерирующих производств.

Стандарты качества питьевой воды большинства стран содержат нормативные значения для следующих типов веществ [12]:

- микробиологические и паразитологические показатели (Escherichia coli, колифаги, энтеровирусы и т.д.);
- общие и органолептические показатели (содержание растворенных твердых веществ, вкус, pH и т.д.);
- неорганические вещества (минеральные элементы, тяжелые металлы и т.д.);
- органические вещества (широкий перечень веществ, включая пестициды и углеводороды);
- радионуклиды.

Самым распространенном в мире типом загрязнения поверхностных вод является эвтрофикация, связанная с перенасыщение водоемов биогенными микроэлементами (преимущественно соединениями фосфора и азота), вызванное смывом удобрений с полей и поступлением необработанных стоков в водные объекты [13]. В результате

эвтрофирования водных объектов образуются токсические вещества, опасные для живых организмов, создаются благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры, ухудшается кислородный режим водоемов, что в конечном итоге приводит к изменению биоценозов водных систем и массовой гибели водных животных.

В мире около 80 % коммунально-бытовых сточных вод сбрасывается в водные объекты без предварительной очистки, в бедных странах этот показатель достигает 90 % [14]. При этом 159 млн человек потребляют пресную воду напрямую из водных объектов без предварительной очистки [15] В результате промышленного производства в поверхностные воды ежегодно поступает около 300–400 млн тонн загрязняющих веществ, в том числе тяжелые металлы и токсичные растворы. Проблема биогенного загрязнения наблюдается повсеместно: эвтрофикации подвержено 54% озер Азии, 53 % озер Европы, 48 % озер Северной Америки, 41 % озер Южной Америки и 28 % озер Африки [16]. Как общий итог: 2 млрд людей потребляют воду из источников питьевой воды, загрязненных фекалиями, каждый год отмечено 502 тысячи смертей из-за диарейных заболеваний, которые вызываются загрязненной водой.

Помимо уменьшения запасов подземных вод под угрозой находится и их качество. Понижение уровня подземных вод увеличивает вероятность загрязнения водоносных горизонтов солеными водами, увеличивает стоимость добычи воды и нарушает водный баланс в поверхностных источниках. Наибольший риск попадания соленых вод в водоносные горизонты существует в прибрежных регионах, в регионах с интенсивным орошаемым земледелием, в местах производства и захоронения жидких отходов. Помимо засоления, основными источниками загрязнения как поверхностных, так и подземных вод являются сточные воды, а также поверхностный сток с сельскохозяйственных и городских территорий. По данным 2016 г. 60 % подземных вод Индо-Гангского бассейна, обеспечивающего пресной водой жителей Пакистана, Индии, Непала и Бангладеш, не пригодны для питья. На глубине около 200 м 23 % подземных вод бассейна подвержены засолению, еще 37 % загрязнены мышьяком в концентрациях, вызывающих токсическое действие. Медленное течение в водоносных горизонтах и большие объемы запасов подземных вод делает их загрязнение практически необратимым и очень устойчивым.

Проблема инвестиций в водное хозяйство. Технический прогресс меняет способы управления и использования воды, создавая целый ряд инвестиционных возможностей. Ключевые драйверы инвестиций в водный сектор:

- Рост населения, увеличивающий нагрузку на водные ресурсы, в особенности в тех странах, где их запас ограничен.
- Потребность в замене и модернизации существующей водной инфраструктуры в развитых странах (в США для этих целей требуется $ 300 млрд).
- Ужесточение нормативных требований в области качества воды, а также качества и стоимости услуг по водоочистке и водоснабжению.
- Увеличение частоты экстремальных погодных условий (ураганов, засух, наводнений), усугубляющее проблемы питьевого водоснабжения. Изменение распределения температур и режима осадков меняют гидрологический цикл и оказывают существенный эффект на количество и качество вод.

Проблемы с качеством питьевой воды и неудовлетворительные санитарные условия ежегодно обходятся мировой экономике в $ 470 млрд, в том числе:

– $ 260 млрд из-за недостаточной водоподготовка и санитарии,

– $ 120 млрд – ущербы от наводнений,

– $ 92 млрд – ущербы в сельском хозяйстве.

В то же время, согласно экспертным оценкам, потребность в инвестициях в водный сектор достигнет $ 6,7 трлн к 2030 г., а к 2050 г. – $ 22,6 трлн, что существенно превышает текущие финансовые потоки в секторе [17]. В этих условиях растущая ценность воды, сопровождаемая регуляторными и структурными реформами, может стимулировать инвестиционную активность [18].

Одним из ключевых драйверов роста инвестиций в водный сектор является рост населения, увеличивающий потребность в воде, в особенности в тех странах, где ее запас ограничен. Потребность в воде ежегодно увеличивается на 64 млрд $м^3$, и для ее обеспечения необходимы срочные решения по сохранению, повторному использованию воды, опреснению, каждое из которых требует существенных инвестиций. Необходимость замены и модернизации устаревшей водной инфраструктуры также требует серьезных вложений. Например, в США они оцениваются в $ 300 млрд. Недостаток инвестиций в водохозяйственную инфраструктуру, а также ужесточение нормативных требований в области качества воды неизбежно влияют на рост стоимости услуг водоснабжения и очистки. Так, тарифы на водопользование в среднем по миру увеличились на 3,9 % за период между июлем 2016 г. и июлем 2017 г. [19]. Немаловажным фактором потребности в инвестициях является и необходимость адаптироваться к климатическим изменениям. Увеличение частоты таких экстремальных погодных условий как ураганов, засух и наводнений усугубляет проблемы питьевого водоснабжения, а изменение распределения температур и режима осадков меняют гидрологический цикл и оказывают существенный эффект на количество и качество вод [19]. Согласно оценкам Национальной комиссии по инфраструктуре, для адаптации к климатическим изменениям Англии потребуются увеличить текущие мощности водоснабжения на 2700–3000 тыс. $м^3$/сутки к 2050 г. [20]. Среди всех направлений модернизации водной инфраструктуры именно на расширение системы водоснабжения приходится большая доля затрат (53 %), на втором месте – замена устаревшего оборудования (37 %) [21]. Виды водных активов перспективные с точки зрения инвестирования [22]:

– менеджмент водных ресурсов,

– BOT-проекты (Build–operate–transfer – форма проектного финансирования, при которой частное предприятие получает концессию от частного или государственного сектора на финансирование, проектирование, строительство, владение и эксплуатацию объекта, указанного в концессионном договоре),

– финансирование управления водосборами и охраной водных экосистем,

– проектирование и строительство крупных ирригационных схем,

– сбор и очистка сточных вод,

– финансирование текущих расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание водоснабжения,

– многоцелевые инфраструктурные и крупные гидротехнические сооружения (например, плотины, транспортные средства).

Благоприятные условия для инвестирования в решение проблемы дефицита воды присутствуют как на развивающихся, так и на развитых рынках. Например, Китай выделяет около $ 110 млрд долларов в год на реализацию мероприятий по охране окружающей среды, включая обработку сточных вод. Существенные вложения в водоочистке потребуются в США. По оценке Bank of America глобальные инфраструктурные проекты в водном секторе в мире будут демонстрировать ежегодный рост в 5–8 % [23]. При отсутствии изменений в финансировании, ежегодный разрыв между текущими и необходимыми вложениями возрастет до $ 109 млрд в 2026 г. или $ 153 млрд в 2040 г. [24].

Разрыв между реальными инвестициями и потребностями водного сектора представлен на рис 3.

Сложившая ситуация меняет поведение крупнейших компаний и инвесторов. Так, по данным CDP (CDP – некоммерческая благотворительная организация, управляющая глобальной системой раскрытия информации для инвесторов, компаний, городов, штатов и регионов для управления их воздействием на окружающую среду), вопросы безопасности водоснабжения занимают прочное положение в повестке советов директоров 70 % крупных корпораций. Более 600 институциональных инвесторов с общей стоимостью активов около $ 69 трлн оценивают водные риски и возможности при принятии инвестиционных решений и формировании портфолио, стимулируя крупнейшие

компании к раскрытию показателей в области управления водными ресурсами. Представители бизнеса, в свою очередь, совокупно вложили около $ 23,4 млрд в 2017 г. в более 1000 проектов, направленных на управление водными рисками [25]. Среди приоритетных направлений для инвестирования можно выделить создание систем поверхностного орошения, финансирование регулярных расходов на обслуживание и ремонты систем водоснабжения, крупные инфраструктурные проекты (водоочистные сооружения, водохранилища, сети водоснабжения), совершенствование систем управления водными ресурсами, финансирование природоохранных мероприятий, направленных на поддержку водных экосистем [24].

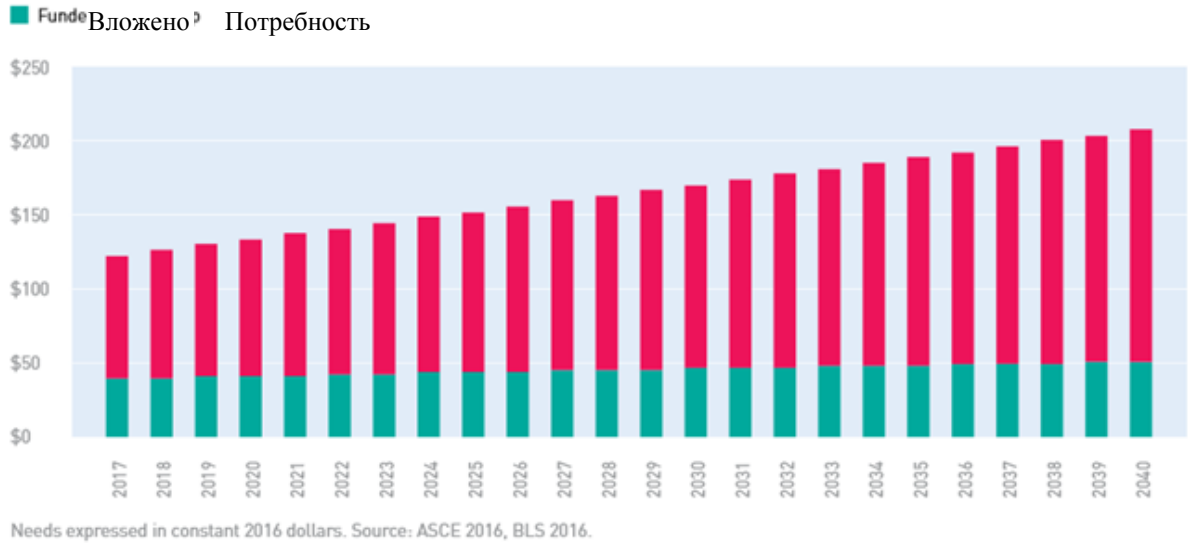


Рис. 3. Прогнозируемый инвестиционный разрыв в области водоснабжения и водоотведения при существующих инвестиционных тенденциях.

Отсутствие доступа к капиталу является одной из ключевых проблем водного сектора во многом из-за того, что государственные предприятия по водоснабжению и водообработке не могут продемонстрировать финансовую стабильность и высокий уровень кредитоспособности. Для оценки экологических, экономических, социальных преимуществ инвестиций в водный сектор недостаточно стандартного анализа «затраты-выгоды»: необходим стратегический подход к построению портфолио проектов, а также оценка стоимости «неинвестирования» в решение водных проблем [17]. В то же время ООН оценивает прибыль на каждый инвестированный в воду доллар в $ 5–28. Улучшение качества питьевой воды и санитарии приведет, в первую очередь, к экономии времени, которое сейчас жители развивающихся стран тратят на поиск и поддержание безопасных санитарных условий, а в будущем смогут уделить работе и образованию. Доступ к чистой питьевой воде также сведет на убыль смертность от инфекций, передающихся через воду, что принесет глобальной экономике $ 18,5 млрд ежегодно в связи с предотвращением преждевременных смертей и увеличением человеческого капитала. Улучшение санитарных условий позволит сократить затраты на здравоохранение и увеличить производить труда – эти экономические выгоды оцениваются в $ 32 млрд [27]. В развитых странах инвестиции в водный сектор также связаны с экономическими преимуществами: так, согласно оценкам, преодоление разрыва между текущими и необходимыми вложениями в водную инфраструктуру США даст национальной экономике дополнительные $ 220 млрд и позволит создать около 1,3 млн рабочих мест [28].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-05-00842 и по плану научно-исследовательской работы ФГБУН Институт водных проблем РАН на 2019 год. Раздел статьи «Общая характеристика водного кризиса».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.
2. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254999/9789241512190-eng.pdf?sequence=1.
3. http://www.bbc.com/future/story/20170412-is-the-world-running-out-of-fresh-water.
4. http://www.onegreenplanet.org/environment/the-world-is-running-out-of-fresh-water/
5. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015WR017349.
6. https://ca.water.usgs.gov/sustainable-groundwater-management/interconnected-surface-water-depletion.html.
7. https://top.quora.com/Is-water-a-renewable-resource-or-a-nonrenewable-resource-Why.
8. https://www.theguardian.com/environment/2018/mar/19/water-shortages-could-affect-5bn-people-by-2050-un-report-warns.
9. https://blog.nationalgeographic.org/2012/03/14/are-we-running-out-of-water/.
10 https://en.unesco.org/waterquality-iiwq/wq-challenge.
11. http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution/
12. World Health Organization et al. Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the fourth edition. 2017.
13. http://www.un.org/waterforlifedecade/quality.shtml.
14. http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf.
15. https://www.unenvironment.org/ru/node/626.
16. http://www.eniscuola.net/en/2016/11/03/what-is-eutrophication-causes-effects-and-control/
17. Water Infrastructure and Investment. High Level Panel on Water. UN Sustainable development knowledge platform, from: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/hlpwater/08-WaterInfrastInvest.pdf.
18. An Investor Handbook for Water Risk Integration. Practices & Ideas Shared by 35 Global Investors. A Ceres Report. Ceres, 2015, from: https://www.ceres.org/sites/default/files/reports/2017-03/Ceres_ESG-WaterRisk_041515_Print.pdf.
19. Water tariffs growing at twice the global inflation rate. Infrastructure News, 2017, from: http://www.infrastructurene.ws/2017/10/27/water-tariffs-growing-at-twice-the-global-inflation-rate/
20. Preparing for a drier future. England`s water infrastructure needs. National Infrastructure Commission, 2018, from: https://www.nic.org.uk/wp-content/uploads/NIC-Preparing-for-a-Drier-Future-26-April-2018.pdf.
21. *Newsha K. Ajami, Barton H. Thompson Jr., David G. Victor.* The Path to Water Innovation. The Hamilton Project, 2014, from: http://www.hamiltonproject.org/assets/legacy/files/downloads_and_links/path_to_water_innovation_thompson_paper_final.pdf.
22. Water: Fit to Finance? Catalyzing national growth through investment in water security. Report of the High Level Panel on Financing Infrastructure for a Water-Secure World. World Water Council and OECD, 2015, from: http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world_water_council/documents/publications/forum_documents/WWC_OECD_Water-fit-to-finance_Report.pdf.
23. Investing in Water. Forbes, 2016, from: https://www.forbes.com/sites/toddmillay/2016/11/28/investing-in-water/#4237c9985948.
24. Sanitation generates economic benefits. Factsheet. UN Water, 2008, from: https://esa.un.org/iys/docs/IYS%20Advocacy%20kit%20ENGLISH/Fact%20sheet%202.pdf.
25. A Turning Tide: Tracking corporate action on water security. CDP Global Water Report 2017, from: https://6fefcbb86e61af1b2fc4-70d8ead6ced550b4d987d7c03fcdd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/002/824/original/CDP-Global-Water-Report-2017.pdf?1512469118.
26. Investing in Water. Forbes, 2016, from: https://www.forbes.com/sites/toddmillay/2016/11/28/investing-in-water/#4237c9985948.

27. Investing in Water in Developing Countries: The Right (and Smart) Thing to Do. Triple Pundit, 2015, from: https://www.triplepundit.com/special/virginia-tech/investing-in-water-in-developing-countries-the-right-and-smart-thing-to-do/.
28. The Economic Benefits of Investing in Water Infrastructure. Value of Water Campaign, 2016, from: http://thevalueofwater.org/sites/default/files/Economic%20Impact%20of%20Investing%20in%20Water%20Infrastructure_VOW_FINAL_pages.pdf.

УДК 504.4.054

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПДК: РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Возняк А.А., Лепихин А.П.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал,
г. Пермь, Россия
Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
г. Пермь, Россия
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь, Россия
lepihin49@mail.ru

Ключевые слова: предельно-допустимые концентрации (ПДК), региональные ПДК, регламентация техногенных воздействий на поверхностные водные объекты, региональные гидрохимические особенности водных объектов.

Показана необходимость введения региональных ПДК, отмечены преимущества региональных ПДК над рыбохозяйственными ПДК при разработке нормативных сбросов. Сформулированы порядок расчета региональных ПДК, условия и принципы выбора перечня загрязняющих веществ для расчета региональных нормативов, вошедшие в разработанные авторами Методические указания. Помимо метода расчета, формул приведены порядок подготовки исходных данных, условия применения региональных ПДК при разработке НДС для различных категорий водных объектов, способы обоснования разработанных региональных ПДК.

REGIONAL MPCs: DEVELOPMENT OF METHODICAL INSTRUCTIONS

Wozniak A.A., Lepikhin A.P.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, Perm
Perm Federal Research Center, Perm
Perm State National Research University, Perm
lepihin49@mail.ru

Key words: maximum permissible concentrations (MPC), regional MPCs, regulation of technogenic impacts on surface water bodies, special regional hydro/chemical features of water bodies.

The article shows the necessity of introducing regional MPCs, highlights the advantages of regional MPCs over fishery MPCs in the development of regulatory discharges. The procedure for calculating regional MPCs, the conditions and principles for selecting the list of pollutants for the calculation of regional standards, included in the methodological guidelines developed by the authors, have been formulated. In addition to the formulas calculation method, the authors propose the procedure for preparing the initial data, the conditions for the use of regional MPCs in the development of VAT for various categories of water bodies, the ways of substantiating the developed regional MPCs.

В настоящее время основным показателем, определяющим допустимое содержание поллютантов в водных объектах, является система соответствующих предельно-допустимых концентраций (ПДК) [1]. Данные нормативы в своей традиционной постановке разрабатываются на основе анализа поведения некоторых тест-систем (биологических объектов) в некоторых стандартизованных модельных условиях.

Факт необходимости перехода при разработке НДВ и НДС от общегосударственных рыбохозяйственных и санитарно-гигиенических ПДК рассматривался и доказывался в очень многих работах [2–8]. Коротко перечислим основные недостатки данной системы регламентации:

- неуниверсальность принципа пороговости, лежащего в основе ПДК [2, 3, 9];
- сложность и практическая невозможность оценки при большом количестве рассматриваемых поллютантов «комбинаторных» эффектов;
- не учитываются почвенные и геохимические особенности водосборной площади бассейна, что отражается в естественной фоновой концентрации;
- не выработано эффективных критериев подобия между модельными тест-системами, используемыми для оценок ПДК, и рассматриваемыми водными объектами;
- не учитывается продолжительность непрерывного «стояния» данной концентрации загрязняющих веществ в водном объекте.

Помимо доказанной необходимости внедрения региональных ПДК в систему разработки НДВ и НДС появилась, наконец, возможность реализации этого перехода, обусловленная рядом принятых декларативных документов.

Так, согласно последним разъяснениям Минстроя России (письмо от 5 февраля 2018 г. № 3708) и изменениям в законах № 7-ФЗ и № 416-ФЗ, вступающих в силу с 1 января 2019 г., при сбросе сточных вод с объектов централизованных систем водоотведения поселений, отнесенных к объектам I и II категорий в соответствии с ГОСТ Р 56828.12-2016, при установлении технологических нормативов на основе технологических показателей НДТ в сфере очистки сточных вод поселений, городских округов, не учитываются нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, утвержденные приказом Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 и ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.1315-03).

Таким образом, с 1 января 2019 г. можно будет в законном порядке нормировать сбросы сточных вод, используя региональные ПДК, если рассматриваемый водный объект отнесен к I и II категории (согласно ГОСТ Р 56828.12–2016).

Согласно ГОСТ Р 56828.12–2016 водные объекты для технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения поселений подразделяют на 4 класса, категории: категория А (I) – наиболее охраняемые водные объекты; категория Б (II) – все водные объекты, не отнесенные к категориям А, В и Г; категория В (III), которую можно условно охарактеризовать как водные объекты, демонстрирующие устойчивость к эвтрофикации; категория Г (IV) – водные объекты с низким содержанием азота и фосфора.

Особо отмечено, что для отнесения объектов к категориям В и Г по количественным признакам их значения следует принимать по имеющимся данным государственного контроля либо производственного мониторинга данных объектов, ориентируясь на худшее из среднесезонных за анализируемый период времени, за исключением данных весеннего (паводкового) сезона.

Для возможности промышленным предприятиям рассчитывать НДС по региональным ПДК необходимо было разработать Методические указания по расчету этих нормативов. В этих Методических указаниях должны быть приведены не только метод расчета, формулы и формы представления, но и подготовка исходных данных, их вид, проверка на соответствие различным условиям, ибо не всегда и не для всех загрязняющих веществ может быть осуществлено введение региональных ПДК.

Основная цель разработки настоящих методических указаний определяется Федеральным законом об охране окружающей среды №7 от 10 января 2002 г., где в ст. 21 подчеркивается, что «при установлении нормативов качества окружающей среды учитываются природные особенности территорий и акваторий, назначение природных и природно-антропогенных объектов...». Цель состоит в том, чтобы на государственном уровне нормирование качества воды, включая назначение квот и выплат, осуществлялось в каждом регионе в соответствии с его (данного региона) природными особенностями. Необходимость перехода, при регламентировании техногенных воздействий на водные объекты, от декларативных,

недостижимых нормативов к технологически реализуемым (Наилучшим Достижимым Технологиям – НДТ) была зафиксирована Федеральным законом от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (в ред. от 03.07.2016).

Региональные ПДК определяются для водных объектов, подверженных техногенному воздействию, то есть для которых в дальнейшем будут разрабатываться нормативно допустимые сбросы (НДС). Основное преимущество региональных ПДК над общегосударственными ПДК заключается в том, что НДС будут разработаны на основе адекватного задания лимитирующих ПДК, отражающих особенности химического и гидрологического режима данного водного объекта. Региональные естественные, в первую очередь, почвенно-геохимические характеристики водосборной территории водных объектов могут существенно различаться, поэтому содержание эндогенных для данных водных объектов химических ингредиентов может различаться в десятки раз. Также существенно будут различаться и региональные ПДК для разных водных объектов РФ.

Региональные ПДК могут быть рассчитаны для любого естественного водного объекта, независимо от его водности (то есть включая временные водотоки), и независимо от того, имеет водный объект рыбохозяйственное или пользовательское значение.

Действующие в настоящее время рыбохозяйственные и санитарно-гигиенические нормативы в своей традиционной постановке разрабатывались на основе анализа поведения некоторых тест-систем (биологических объектов) в некоторых стандартизованных модельных условиях. При этом в качестве ПДК принимались пороговые значения, вызывающие видимые отклонения от нормы у наиболее чувствительных групп организмов. Региональные нормативы, исходя из своего характера, должны разрабатываться, в первую очередь, для водных объектов, где, в силу почвенно-геохимических особенностей их водосбора, концентрации эндогенных поллютантов существенно отличаются от типовых условий, для которых разрабатывались ПДК.

Для научного обоснования региональных ПДК необходим подробный анализ действующей системы мониторинга и гидрологического режима водного объекта как в районе исследования, так и выше по течению, где, собственно, и происходит формирование гидрологического и гидрохимического режимов рассматриваемого объекта.

Разработка региональных ПДК позволяет усовершенствовать систему регламентации техногенных воздействий на водные объекты, так как учитывает не только декларируемые точечные источники загрязнения, но и рассредоточенные, латентные, а также потенциально реализуемые при различных аварийных ситуациях.

Перед началом разработки региональных ПДК необходимо определиться с принципом выбора перечня загрязняющих веществ (ЗВ), по которым региональные ПДК будут определяться. Существует три принципа выбора:

- региональные ПДК разрабатываются для тех ЗВ, у которых средние или средневзвешенные за год значения концентраций их в воде водного объекта превышают ПДК р/х (или ПДК с-г, если для данного ЗВ ПДК с-г жестче);
- региональные ПДК разрабатываются для тех ЗВ, у которых максимальные за год значения концентраций в воде водного объекта (то есть наблюдаемые в меженный период, для которого, собственно, и рассчитывают НДС) превышают ПДК р/х;
- региональные ПДК разрабатываются для тех ингредиентов качества воды, которые в отводимых сточных водах в доминирующей степени формируют неблагоприятные экологические условия в водном объекте и на его водосборной площади;

Ингредиенты, по которым будут разрабатываться региональные ПДК, должны соответствовать определенным условиям:

- ингредиенты должны быть веществами так называемого «двойного» генезиса, регламентация на основе анализа статистик естественного фонового содержания принципиально не применяема для чисто техногенных «искусственных» токсикантов, естественное фоновое содержание которых априорно равно нулю;

– ингредиенты должны оказывать «значимое», «фиксируемое» влияние на формирование гидрохимического режима водного объекта;
– должны устойчиво фиксироваться мониторингом, то есть фиксируемое (расчетное) содержание рассматриваемых ингредиентов в контрольном створе водного объекта должно превышать значение стандартной погрешности его определения и содержание рассматриваемых ингредиентов в фоновом и контрольном створах должно различаться с заданной степенью надежности;

Для разработки региональных ПДК используют результаты режимных наблюдений за состоянием воды водных объектов.

Для более адекватного и корректного исследования распределения по глубине и акватории водного объекта гидрохимических показателей при разработке региональных ПДК может быть (и желательно) использовано 1, 2 и 3-хмерное моделирование гидрологического и гидрохимического режимов данного водного объекта.

Основные принципы метода расчета региональных ПДК, а также особенности построения региональных ПДК рассматривались в [4, 6, 7, 10].

Конструктивной особенностью метода расчета региональных ПДК загрязняющих веществ в поверхностных водах является проведение на первом этапе детального покомпонентного анализа химического состава воды и его режима и последующее использование полученных оценочных составляющих на втором этапе для выбора тех загрязняющих веществ, для которых, собственно, и будет проводиться расчет региональных ПДК.

Расчет региональных ПДК осуществляется по формуле

$$\text{ПДКрег} = \text{C}_{0,75} - \frac{2,15\sigma}{\sqrt{N}}, \qquad (1)$$

где $C_{0,75}$ – квантиль порядка 0,75;
σ – среднее квадратическое отклонение;
N – объем выборки.

Данная оценка для расчета региональных фоновых концентраций является значительно более корректной по сравнению с методикой [11], когда в качестве нормативной оценки предлагается верхний доверительный интервал среднего значения.

Принципиальное их различие заключается в том, что полученные по методике [11] значения ПДК увеличиваются с уменьшением объема выборки, а по соотношению (1) снижаются, что методически представляется значительно более обоснованным.

Обоснование выбора порядка 0,75 (верхний квантиль) содержится в работе [10].

На основе данной технологии разработаны региональные ПДК для ряда тяжелых металлов бассейна Верхней Камы [7] и для р. Урал в районе Магнитогорска [10].

Комплексный анализ действующей системы регламентации техногенных воздействий на поверхностные водные объекты, проведенный авторами, выявил серьезные недостатки, связанные с недоучетом региональных гидрохимических особенностей конкретных водных объектов. Совершенствование системы регламентации техногенных воздействий возможно только на основе максимально полного учета региональных особенностей водных объектов.

На основе оценок непараметрических статистических показателей разработаны Методические указания по технологии расчетов региональных ПДК, которые, в отличие от других методических подходов, позволяют весьма эффективно учитывать объем рассматриваемых статистических выборок и их изменчивость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Утв. Приказом МПР России от 17.12.2007 № 333. 40 с.

2. *Максимов В.Н.* Проблемы комплексной оценки качества природных вод (экологические аспекты) // Гидробиологический журнал. Т. 27. № 3. 1991. С. 8–30.

3. *Веницианов Е.В., Лепихин А.П.* Физико-химические основы моделирования миграции и трансформации тяжелых металлов в природных водах. Екатеринбург: Изд. РосНИИВХ, 2002. 235 с.

4. *Булгаков И.Г.* Технология регионального контроля природной среды по данным биологического и физико-химического мониторинга: автореф. дис. … д-р биол. наук. М., 2003. 54 с.

5. *Лепихин А.П., Мирошниченко С.А.* Особенности задания «фоновой» концентрации в естественных водотоках // Водное хозяйство России. 2003. № 3. С. 247–262.

6. *Лепихин А.П., Мирошниченко С.А., Мельникова А.Г.* Особенности разработки региональных нормативов качества воды. 6-й Международный конгресс ЭКВАТЭК. Москва 1–4 июня, 2004. Т. 1. С. 94–95.

7. *Веницианов Е.В., Лепихин А.П., Мирошниченко С.А. Губернаторова Т.Н.* Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы // Водное хозяйство России. 2015. № 3. С. 50–64.

8. *Моисеенко Т.О.* Оценка качества воды и «здоровье» экосистем с позиции экологической парадигмы // Водное хозяйство России. 2017. № 3. С. 104–124.

9. *Возняк А.А., Лепихин А.П.* Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №2. С. 103–115. doi 10.17072/2079-7877-2018-2-103-115.

10. *Максимов В.Н., Абакумов В.А., Булгаков Н.Г., Левич А.П., Терехин А.Т.* Экологически допустимые уровни абиотических факторов. Исследования пресноводных объектов Азиатской части России и Узбекистана // Изв. РАН. Сер. биол. 2002. №5. С. 614–624.

11. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утв. приказом Минприроды России от 12.12.2007 № 328, зарег. в Минюсте России 23.01.2008 № 10974.

УДК 556.3:628.1(043.3)

О ПУТЯХ РЕШЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОБЛЕМ В МАЛОВОДНЫХ РАЙОНАХ ЮЖНОГО УРАЛА

Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В.
ФГБОУВО «Оренбургский государственный университет», Институт экологических проблем гидросферы, г. Оренбург, Россия
gaev@mail.ru

Ключевые слова: водные ресурсы, истощение, загрязнение, восполнение их запасов, поглощающие горизонты, барьерные технологии.

На Южном Урале с полуаридным климатом растет техногенная нагрузка, истощая и загрязняя водные ресурсы. Для минимизации этих процессов рекомендовано: размещать инженерную инфраструктуру на площадях с повышенной защищенностью от загрязнения; удалять трудно очищаемые сточные воды в глубокие поглощающие горизонты; восполнять запасы подземных вод эксплуатируемых водозаборов; защищать водозаборы от загрязнения, применяя комплексные барьеры.

ON THE WAYS OF SOLUTION OF WATER ECONOMIC PROBLEMS IN ARID AREAS OF THE SOUTHERN URALS

Gaev A.I., Kudelina I.V., Leontiev T.V.
Institute of Ecological Problems of the Hydrosphere, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Key words: water resources, depletion, pollution, replenishment of their reserves, absorbing horizons, barrier technologies.

In the Southern Urals with its semi-arid climate, the anthropogenic load is growing, depleting and polluting water resources. To minimize these processes we recommend to place the engineering infrastructure in areas with high protection against pollution; remove difficultly treated sewage into deep absorbing horizons; replenish groundwater reserves of operated water intakes; and protect water intakes against pollution by applying integrated barriers.

ВВЕДЕНИЕ

На Южном Урале в связи с полуаридным климатом и ростом техногенной нагрузки резко обострились водохозяйственные проблемы [5, 6]. Истощение и загрязнение водных ресурсов вызвано урбанизацией территории и неравномерностью водного стока. Так, Оренбургская городская агломерация с 30 % населения области пользуется преимущественно водой аллювиального горизонта рек Урала и Сакмары. Здесь действуют до двухсот промышленных объектов, включая Оренбургский нефтегазовый комплекс. Обеспечив подъем экономики, они обострили водохозяйственные проблемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аллювиальный горизонт тесно связан с речными водами. При ненарушенном режиме их тип сульфатно-натриевый по Н.С. Курнакову – М.Г. Валяшко, а нарушенном − хлоридно-магниевого подтипа [4]. Межень приурочена к осенне-зимнему периоду, а в паводок колебания уровня воды в реке достигают 8 м [3, 13]. На Урале разрабатываются рудные и другие месторождения полезных ископаемых с применением несовершенных технологий [9]. Выполняются режимные наблюдения и разрабатываются водо-охранные мероприятия [3, 14, 15]. Для водоснабжения в бассейнах Камы, Волги и Урала используется много пресных вод, и только 500000 тыс. $м^3$ воды закачивается в системах заводнения нефтепромыслов. Пресные

подземные воды не защищены от загрязнения. Происходят также перетоки вод из глубоких горизонтов [3, 5].

Опасные объекты размещаются еще на стадии проектирования по схеме типизации по защищенности территории от загрязнения там, где зоны сосредоточения пресных вод хорошо защищены [5, 10] (рис. 1).

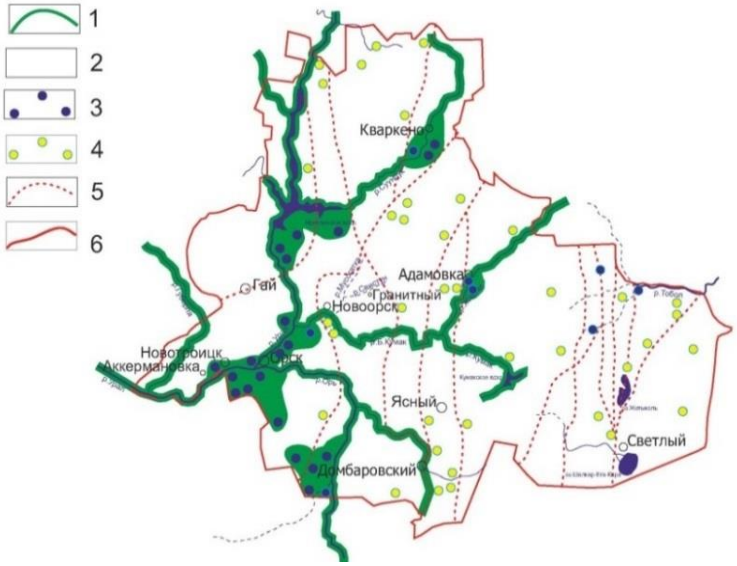


Рис. 1. Карта водного стока Восточного Оренбуржья.
Составили: А.Я. Гаев, Т.В. Леонтьева по [2, 9, 13]: 1 − зоны сосредоточения вод; 2 – приводораздельные зоны; 3 – скв. с дебитом Д ≥ 0,3 л/с; 4 – с Д ≤ 0,3 л/с; 5 − прогнозные зоны сосредоточения трещинных вод; 6 – границы территории.

На территории Восточного Оренбуржья в субтропическом мезозое по вулканогенно-осадочным и магматическим породам сформировалась мощная кора выветривания [8]. Ее коллекторские свойства пока не оценены. Для их первой оценки систематизирована имеющаяся информация. На нефтепромыслах Южного Приуралья исследованы процессы загрязнения пресных вод. Здесь на поверхность земли извлекается много некондиционных вод, не поддающихся очистке. Они закачиваются в глубокие горизонты недр. Накоплен большой опыт этой работы, например, на Оренбургском нефтегазовом комплексе с объемами закачки до 10 тыс. $м^3$/сут [3, 5, 7]. Стоки сбрасываются в трещинно-карстовые коллекторы карбонатного визейско-башкирского комплекса (рис. 2). Из цеха подготовки они подаются по магистральному трубопроводу на фильтры и станцию закачки; затем закачиваются в поглощающие скважины. Контроль обеспечивается наблюдательными скважинами с аварийными емкостями. Стоки отстаиваются в резервуарах и очищаются фильтрованием. Длина магистральных трубопроводов зависит от расстояния до полигона. Поглощающие скважины оборудованы пакерами, предохраняющими трубы от деформаций и обеспечивающими промывку скважин без подъема труб. Лифтовые колонны обеспечивают гидроразрыв пласта при закачке с высоким давлением. Для защиты труб от коррозии в пространство над пакером заливают инертную жидкость, а фонтанную арматуру изготавливают из стойких к коррозии материалов [5]. Закачка обеспечивается хорошо проницаемым коллектором и подготовкой сточных вод, скорость которых от забоя скважины, судя по индикаторным исследованиям, может составить от 100 до п•1000 м/сут. При плохой подготовке стоков приемистость скважин снижается, что можно минимизировать предварительной закачкой буферной жидкости.

Метод захоронения сточных вод в недрах не идеален, является временным, позволяя выиграть время для разработки более совершенной технологии и не останавливая нужное нам производство.

Большинство отходов производства поддается эффективным методам утилизации и обезвреживания [5]. Пока недооцениваются барьерные технологии, эффективность которых хорошо доказана [1, 3, 11]. Эффективность геохимических барьеров определяется экологической емкостью пород, через которые фильтруются загрязненные стоки в мг-экв. на 100 г вещества. В нашем регионе природные воды загрязнены взвешенными веществами, хлоридами, сульфатами, органическими веществами, нефтепродуктами, фенолами тяжелыми металлами: медью, цинком, хромом, железом, кобальтом, никелем и др.

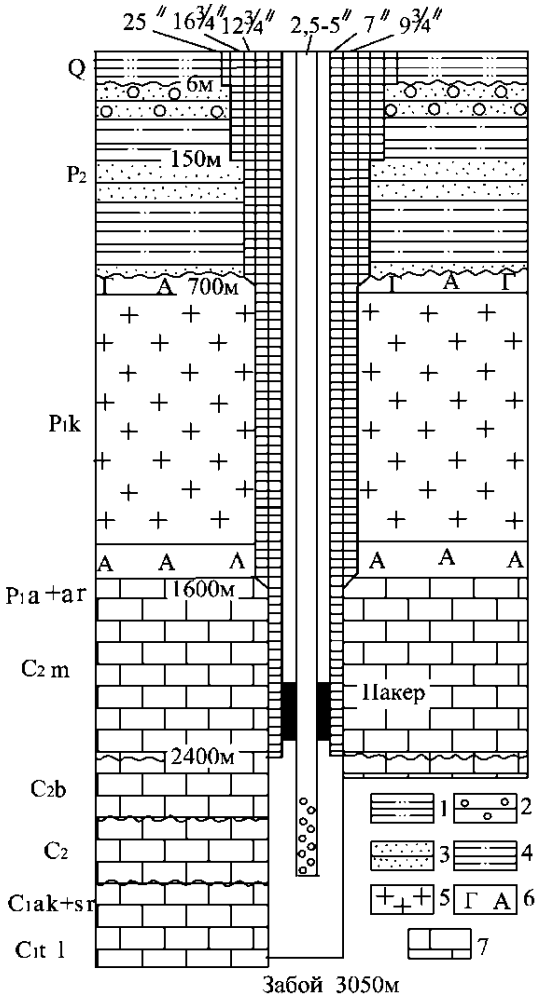


Рис. 2. Конструкция поглощающей скважины (колонны 2,5–5 и 7″ в антикоррозионном исполнении). 1 – суглинки, супе-си; 2 – конгломераты; 3 – песчаники; 4 – алевролиты и аргиллиты; 5 – соли; 6 – гипсы и ангидриты; 7 – известняки и доломиты.

Повышенную емкость поглощения (до 9 грамм на 100 грамм породы) имеют породы с карбонатным материалом. Величина емкости уменьшается в ряду: известняки – песчаники – гипсы – габбро-диабазы – граниты. В щелочной среде емкость выше, чем в кислой. Наиболее значительной емкостью обладают только что выпавшие окислы железа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработан патент барьерной технологии, включающей блоки геохимических (по А.И. Перельману) и гидродинамических (по В.Д. Бабушкину) барьеров [3, 11]. Первые разработки защищали водозаборы от загрязнений с водосбора, а новые − с двух сторон (рис. 3).

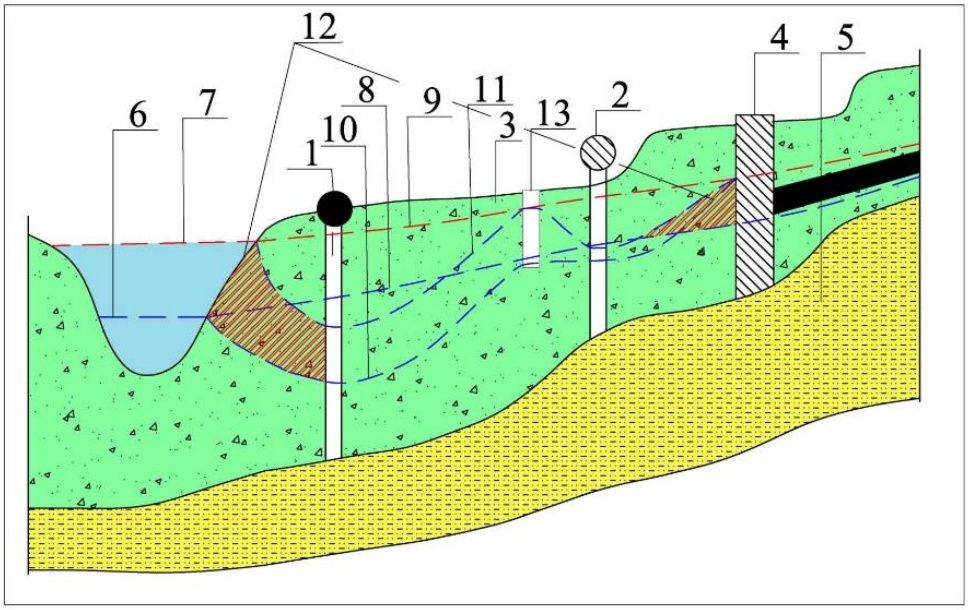


Рис. 3. Схема защиты водозабора в процессе восполнения запасов подземных вод.

Комплексные барьеры надежно улавливают загрязнение и делят водоносный горизонт на 3 зоны. Воды загрязнены со стороны водосбора и от реки, в средней зоне – вода чистая и защищена от загрязнения барьерными технологиями. Но при полуаридном климате защита водозабора от загрязнения недостаточна. Нужны мероприятия по борьбе с истощением водных ресурсов путем восполнения их запасов.

Ситуация осложняется из-за большой неравномерности водного стока. Потребности в воде возрастают в периоды межени, когда резко снижаются уровни подземных и речных вод, поскольку они тесно связаны между собой. Период летней межени, когда протекает вегетация, нередко происходит засуха, сопровождаемая падением уровня и ухудшением качества вод, о чем свидетельствуют режимные наблюдения и данные госконтроля. ПДК по ряду компонентов превышается в 1÷10 раз. Качество вод аллювиальных водозаборов можно улучшить, восполняя их запасы путем подпора воды на реке. Это можно обеспечить, если поднять уровень всего на 3 м. Высокая пойма при этом не будет затоплена, а стабилизация работы скважин и качество вод будут обеспечены. Этот вывод подтверждается нашими расчетами и другими авторами [12, 14]. Расход воды, фильтрующейся в межень через поперечное сечение Ивановского водозабора, составляет:

$$Q_1 = K_\Phi \cdot \mathrm{F}_1 \cdot \frac{\Delta H}{L} = K_\phi \cdot \mathrm{F}_1 \cdot \mathrm{I} = 422 \cdot 17000 \cdot 0{,}0013 = 9326 м^3/сут ,$$

где $K_\Phi = 422 м/сут$ $\mathrm{F}_1 = l \cdot h_1 = 2500 \cdot 6{,}8 = 17000 м^2$

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{85{,}3 - 84{,}5}{600} = 0{,}0013 ,$$

где h_1 = 6,8 м – мощность водоносного горизонта; l = 2500 м – ширина водозабора; H_1 = 85,3 м и H_2 = 84,5 м – отметки гидроизогипс на водозаборе; L = 600 м – расстояние между гидроизогипсами.

После подпора на реке расход воды составит 13440 м^3/сут, а производительность одной скважины составит 2057 м^3/сут (рис. 4). То есть при подпоре воды в реке только на 3 м производительность водозабора возрастет почти в 2 раза, что предотвратит истощение его запасов.

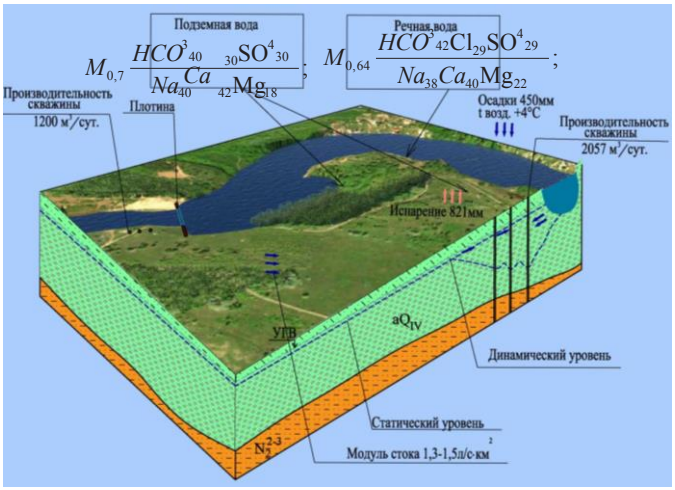


Рис. 4. Модель участка Ивановского водозабора, по И.В. Куделиной [10].

ВЫВОДЫ

Разработан методический подход к гидрогеологическим исследованиям маловодных районов Южного Урала, позволяющий решить проблемы водоснабжения.

Дефицит водных ресурсов в маловодных районах Южного Урала преодолим в процессе мероприятий по восполнению запасов вод, увеличению производительности водозаборных скважин и улучшению качества вод за счет внедрения барьерных технологий. Главным итогом станет возможность хозяйственно-питьевого обеспечения региона на перспективу за счет интенсификации существующих водозаборов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеенко В.А.* Экологическая геохимия: Учебник / В.А. Алексеенко. М.: Логос, 2000. 627 с.
2. Аналитический обзор состояния недр территории Оренбургской области за 2010-2014 гг.: Вып. 2/ АО «Компания ВОТЕМИРО» Оренбургский территориальный центр государственного мониторинга геологической среды. Оренбург, 2015. 167 с.
3. *Бакторова Н.И.* Геологоразведочные работы с подсчетом эксплуатационных запасов подземных вод на участке водозабора «Ивановский» (на 01.10.2008 г). Кн. 1. / Н.И. Бакторова, О.Ф. Колтунова. Оренбург: ОАО «Компания Вотемиро», 2009. 152 с.
4. *Блинов С.М.* Основы применения геохимических барьеров для охраны окружающей среды: автореф. дис. …к. геол.-мин. наук. Пермь, 2000. 23 с.
5. *Гаев А.Я.* Проблемы гидросферы города Оренбурга и его окрестностей / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева // Экология урбанизированных территорий. № 3. 2013. С. 28-36.
6. Гидрогеология СССР. Т. 43. Оренбургская обл. / под. ред. Е.И. Токмачева. М.: Недра, 1972. 272 с.
7. *Гольдберг В.М.* Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В.М. Гольдберг, С. Газда. М.: Наука, 1984. 262 с.
8. *Гуцаки В.А.* Кора выветривания Орского Зауралья / В.А. 12. Гуцаки, В.В. Гудошников. Саратов: НИИ геологии при университете имени Н.Г. Чернышевского, 1963. 281 с.
9. Доклады о состоянии окружающей природной среды Оренбургской области в 1994-2016 гг. Оренбург: 1995-2017.
10. *Ковалевский В.С.* Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод / В.С. Ковалевский. М.: Научный мир, 2001. 332 с.
11. *Куделина И.В.* Пути стабилизации режима аллювиальных водозаборов в условиях полуаридного климата // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Бишкек, 2018 № 2.
12. Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения / [В.Д. Бабушкин, А.Я. Гаев, В.Г. Гацков и др.]. Пермь: Перм. ун-т., 2003. 264 с.

13. *Плотников Н.И.* Гидрогеологические основы искусственного восполнения запасов подземных вод / Н.И. Плотников, Н.А. Плотников К.И. Сычев. М.: Недра, 1978. 311 с.
14. Техногенные геохимические барьеры [А.И. Перельман, Е.Н. Борисенко, Н.Ф. Мырлян и др.] // Геохимия техногенных процессов. М.: Наука, 1990. С. 14-16.
15. *Шевцова Л.Ф.* Оценка обеспеченности населения РФ ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (Оренбургская обл.) / Л.Ф. Шевцова, Н.И. Бакторова. Нежинка: 1999. 196 с.

УДК 556.16

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОГНОЗА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА Р. УРАЛ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

Гареев А.М., Барышев В.И.
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, Россия
hydroeco@mail.ru

Ключевые слова: стокоформирующие факторы, максимальные расходы воды, весеннее половодье, прогноз.

Рассмотрены методические положения выполнения прогнозных расчетов и оценок максимальных расходов воды во время весеннего половодья в бассейне р. Урал в пределах Республики Башкортостан. Показано то, что в составе большой совокупности факторов, принимающих участие в формировании расходов воды в указанное время основную роль играют следующие: осенние влагозапасы в почвах и грунтах, мощность снежного покрова и запасы воды в снеге перед началом весеннего половодья, глубина промерзания почв и грунтов, а также интенсивность нарастания температуры во время весеннего снеготаяния. Статистическая обработка материалов многолетних наблюдений и их картографическая интерпретация позволяют выполнить прогнозные расчеты максимальных расходов воды с большой вероятностью.

METHODICAL COMPONENTS OF THE SPRING FLOOD WATER MAXIMAL FLOWS' FORECAST FOR SMALL AND MEDIUM RIVERS' BASINS (THE URAL RIVER BASIN WITHIN THE BOUNDARIES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTA AS A STUDY CASE)

Gareev A.M., Baryshev V.I.
Bashkir State University, Ufa, Russia
hydroeco@mail.ru

Key words: the factors involved in the formation of water discharge, maximal water discharges, spring flood, forecast.

This work considers methodological provisions of the implementation of forecast calculations and estimates of maximal water discharge during the spring flood in the Ural River basin within the Republic of Bashkortostan. We have shown that among other factors involved in the formation of water discharge at a specified time the main role belongs to the following: autumn soil water storage, depth of snow cover and snow-cover water equivalents before the start of spring flood, depth of soil freezing, as well as the intensity of temperature increase during the spring snowmelt. Statistical processing of long-term observation materials and their cartographic interpretation allow us to perform predictive calculations of maximal water discharge with high probability.

Необходимость всестороннего изучения закономерностей формирования речного стока приобретает особую актуальность в течение последних десятилетий в связи с обострением кризисных ситуаций по бассейнам значительного количества малых и средних рек. Это имеет непосредственное отношение к тем регионам, которые располагаются в пределах Среднего и Южного Урала, где в течение продолжительного времени сохраняются довольно критические условия водопользования.

В составе необходимых расчетов и оценок по определению изменчивости речного стока следует обратить внимание и на условия формирования максимального стока рек (объем стока, максимальные расходы воды), от показателей которых зависят условия функционирования ряда водохозяйственных объектов. В качестве изучаемой территории

выбран бассейн р. Урал в пределах Республики Башкортостан. Выбор данной территории обусловлен рядом факторов, в числе которых следует привести существенную изменчивость водных ресурсов в пространстве и времени по малым и средним рекам. В составе основных процессов, формирующихся во время весеннего половодья на данной территории, следует привести то, что в зависимости от влияния барьерной роли Уральских гор и континентальных воздушных масс, наблюдается резкая внутригодовая и пространственная изменчивость речного стока. На долю весеннего стока, по мере перехода от северных районов к южным, соответственно, приходится от 55–65 до 85–95 и более процентов годового стока. Несмотря на то что в течение значительно времени на реках исследуемой территории сохраняется маловодная фаза, в зависимости от влияния факторов, обусловленных хозяйственной деятельностью, в ряде случаев происходит трансформация естественного речного стока, сопровождающаяся довольно резким увеличением максимальных расходов воды. Это является причиной возникновения наводнений и нанесения хозяйственным объектам экологического и экономического ущербов.

Следует обратить внимание на то, что основные закономерности формирования пространственной и временной изменчивости максимального стока во время весеннего половодья отражены в ряде работ [1–5]. Отличительной особенностью данного исследования является то, что прогноз максимальных расходов воды осуществляется по двум независимым методам, которые включают известные методы регрессионного анализа, а также математического моделирования, используя материалы многолетних наблюдений за основными стокоформирующими факторами на постах. На основании пространственно-временного анализа материалов многолетних наблюдений за стокоформирующими факторами и максимальными расходами воды весеннего половодья составлена регрессионная модель максимального стока, которая представлена уравнением:

$$Q_{max} = W \times x_1 + R \times x_2 + H \times x_3 + \Delta t \times x_4 + b,$$

где W – осенние влагозапасы в почах и грунтах перед установлением снежного покрова; R – запасы воды в снежном покрове перед началом весеннего снеготаяния; H – глубина промерзания почвы перед началом весеннего снеготаяния; Δt – интенсивность нарастания положительных среднесуточных температур в период весеннего снеготаяния; коэффициенты x_1, x_2, x_3, x_4, b получены из уравнения множественной корреляции.

В целях верификации и оценки точности выполнены расчеты для р. Зилаир по посту с. Зилаир. Благодаря тому, что пункт гидрометеорологических наблюдений располагается в середине бассейна упомянутой реки, расчеты показали хорошие результаты оправдываемости (рис. 1).

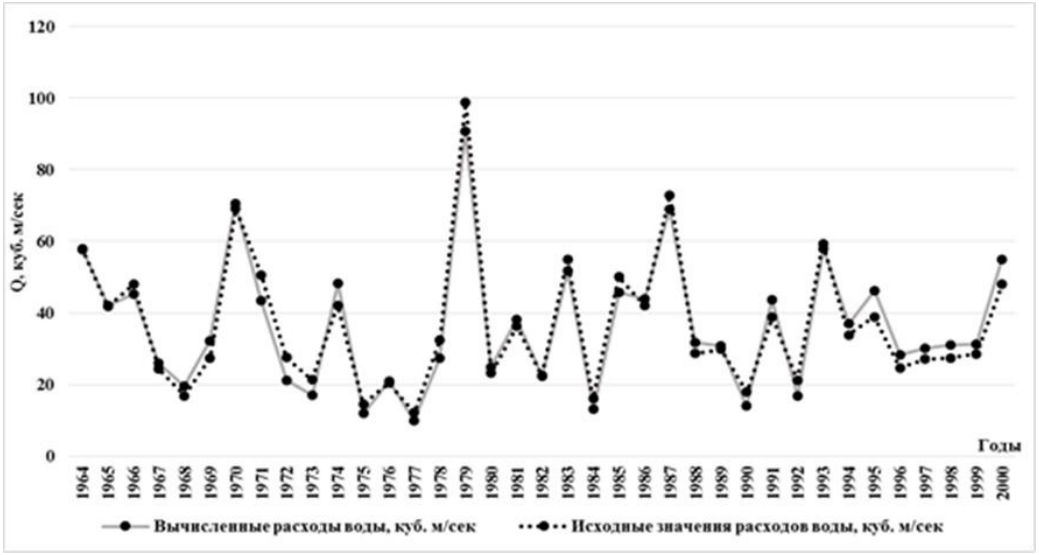


Рис. 1. Совмещенный график вычисленных и исходных значений максимальных расходов воды весеннего половодья за 1964–2000 гг. по г/п р. Зилаир – с. Зилаир.

Это зависит также от довольно высоких показателей коэффициентов корреляции между оцениваемыми стокоформирующими факторами и максимальными расходами воды. Например, с одной стороны, теснота связи между максимальными расходами воды, а с другой, – показатели запасов воды в снежном покрове перед началом снеготаяния, осенние влагозапасы в почвах и грунтах перед установлением снежного покрова и интенсивностью нарастания положительных среднесуточных температур в период весеннего снеготаяния, характеризуются коэффициентами корреляции в пределах 0,89–0,92. Заметное отклонение выявлено по глубине промерзания почв перед началом снеготаяния. Коэффициент корреляции в данном случае составляет 0,7. В общей совокупности коэффициент множественной корреляции достигает до 0,95, что является достаточным для проведения анализа и расчетов. На основании анализа совмещенных графиков, отражающих ежегодную изменчивость максимальных расходов воды по фактически наблюденным данным и расчетными показателями (см. рис. 1), можно обнаружить хорошую сходимость полученных результатов. В то же время, в отдельные годы погрешность проведенных оценок может достигать значительных отклонений (до 20 %).

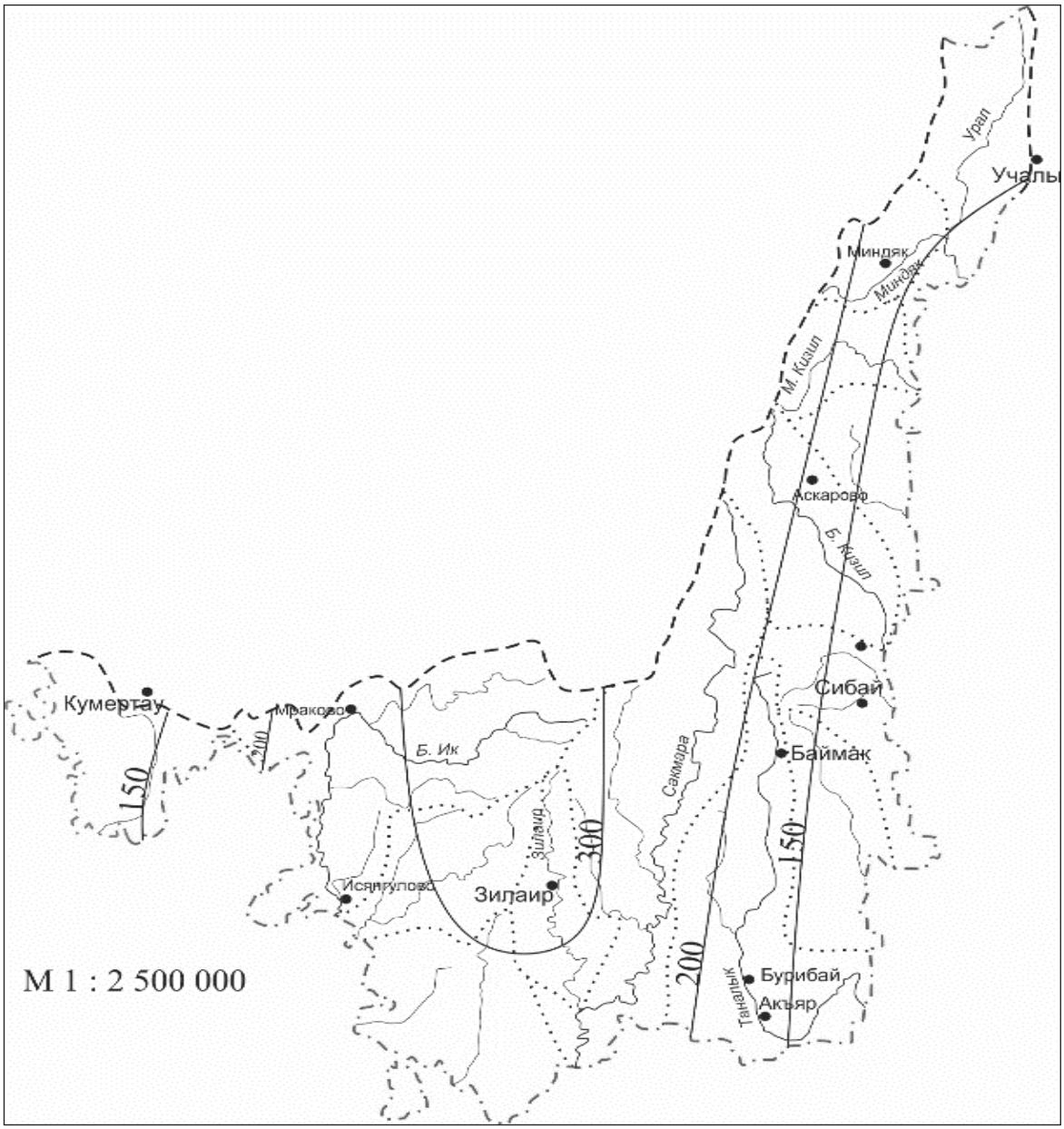


Рис. 2. Запасы воды в снежном покрове 1 % обеспеченности.

Следует подчеркнуть то, что методы, основанные на предоставленных многофакторных уравнениях, по большому количеству рек не позволяют получать надежные прогнозные оценки. Это объясняется тем, что пункты метеорологических и гидрологических наблюдений располагаются в разных частях бассейнов рек. В этих условиях необходимо осреднение значений стокоформирующих факторов, а также самих показателей максимальных расходов воды относительно центра бассейна реки. Во многих случаях это не позволяет получать обнадеживающие результаты.

С учетом изложенного, А.М. Гареевым [2] предложены методические подходы, базирующиеся на необходимости картографического анализа информации, в том числе пространственного распределения учитываемых стокоформирующих факторов различной обеспеченности. В качестве основных значений приняты 1 %, 5 %, 10 %, 25 %, 50 % обеспеченности. На рис. 2, 3 в качестве примера представлено распределение показателей запасов воды в снеге 1 % и 5 % обеспеченности в пределах изучаемой территории.

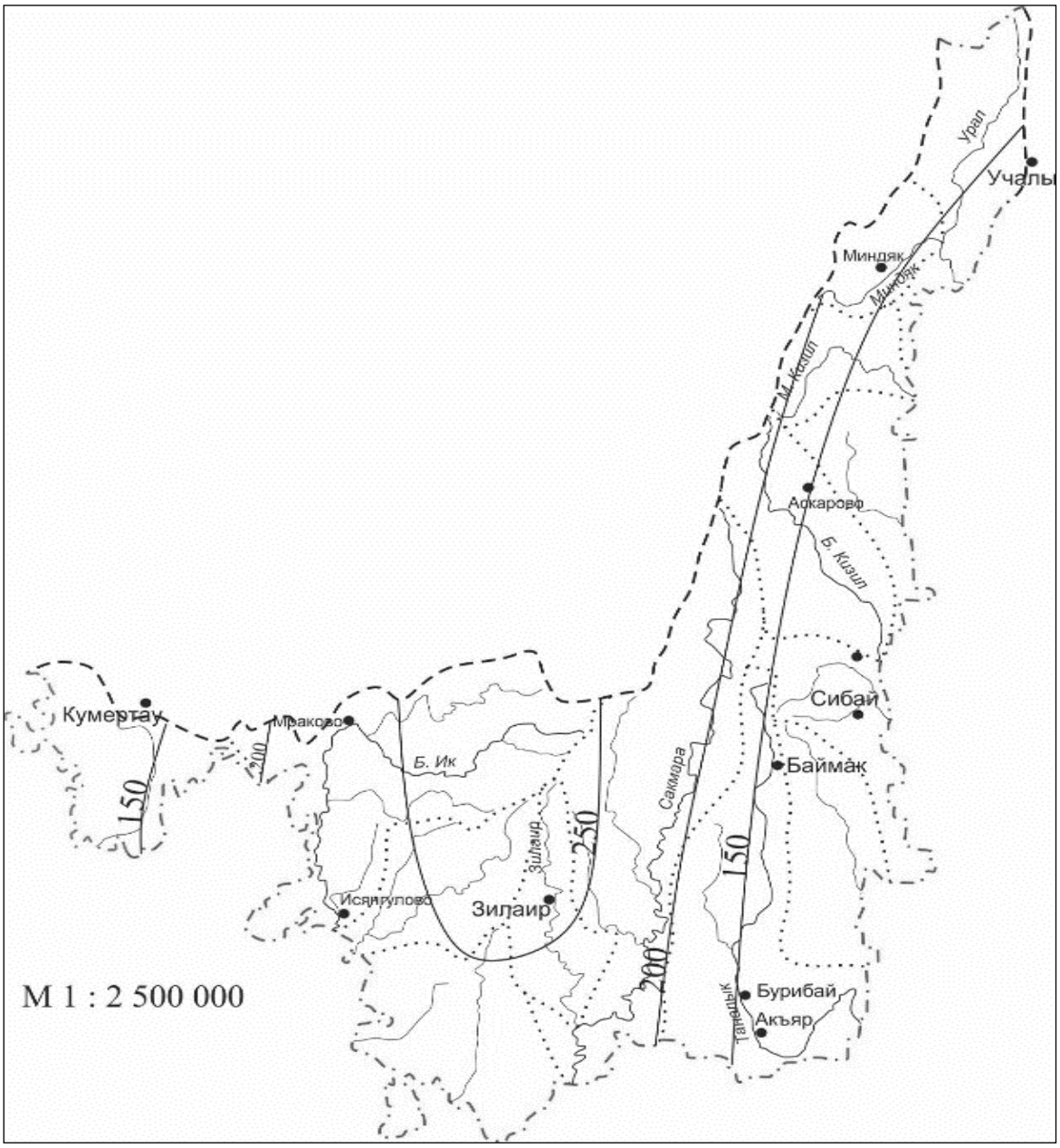


Рис. 3. Запасы воды в снежном покрове 5 % обеспеченности.

Таким образом, на основании применения указанных картографических материалов, построенных по фиксированным значениям обеспеченности стокоформирующих факторов, а

также графиков связи абсолютных значений факторов от самих расчетных показателей обеспеченности, доказана возможность выполнения прогнозных расчетов максимальных расходов воды на достаточно высоком уровне достоверности. Расчеты сводятся к тому, что по всем факторам, имеющим различные единицы измерения, определяются модульные коэффициенты (безразмерные величины), соотносимые в последующем с нормой максимального стока ($Q_н$). Таким образом, рассматриваемая формула имеет следующий вид:

$$Q_{мах.в.п.} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times Q_н \times \rho,$$

где K_1 – модульный коэффициент осенних запасов влаги в почве перед установлением снежного покрова; K_2 – модульный коэффициент запасов воды в снежном покрове перед началом весеннего снеготаяния; K_3 – модульный коэффициент глубины промерзания почв и грунтов перед началом весеннего снеготаяния; K_4 – модульный коэффициент интенсивности нарастания положительных среднесуточных температур в период весеннего снеготаяния; $Q_н$ – норма (среднемноголетнее значение) максимальных расходов воды во время весеннего половодья, $м^3$/сек; $Q_{мах\ в.п.}$ – максимальный расход воды весеннего половодья за расчетный (прогнозируемый) год, $м^3$/сек; ρ – поправочный коэффициент к расчетам.

В последующем авторами предполагается выполнение расчетов по всем бассейнам рек, расположенных в пределах изучаемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гареев А.М.* Реки, озера и болотные комплексы Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, 2012. 245 с.
2. *Гареев А.М., Зайцев П.Н.* Многолетняя динамика изменчивости водных ресурсов в пределах Башкирского Предуралья. Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. 128 с.
3. *Гареев А.М., Барышев В.И.* Многолетняя динамика изменчивости водных ресурсов в бассейне реки Урал (в пределах республики Башкортостан) // Доклады Башкирского университета. 2019. N 1. С. 43-51.
4. *Коронкевич Н.И.* Вопросы формирования стока и влияния на него хозяйственной деятельности // Вопросы географии. 1976. № 102. 29-47.
5. *Гельфан А.Н.* Динамико-стохастическое моделирование формирования талого стока. М.: Наука, 2007. 279 с.

УДК 504.4

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Горячев В.С.
Отдел водных ресурсов по Республике Башкортостан
Камское бассейновое водное управление, г. Уфа, Россия
ovrrb@mail.ru

Ключевые слова: качество водных объектов, сточные воды, отрасли экономики.

Рассмотрено современное состояние использования водных ресурсов Республики Башкортостан, влияние отраслей экономики на качественное состояние поверхностных вод, вопросы улучшения качества сбрасываемых сточных вод.

CURRENT STATUS OF USING WATER RESOURCE OF REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN AND IMPACT ASSESSMENT OF THE SECTORS OF THE NATIONAL ECONOMY

Goryachev V.S.
Division of Water Resources of the Republic of Bashkortostan
Kama Basin Water Administration, Ufa, Russia
ovrrb@mail.ru

Key words*:* quality of water bodies, wastewater, economic sectors.

Current status of using water resource of republic of Bashkortostan, impact of the economic sectors on the surface water quality conditions and issues relating to quality improvement of the wastewater effluent were considered.

В условиях растущего дефицита воды, на фоне ухудшения ее качества, важную роль играет эффективное управление водными ресурсами и бережное отношение к водным объектам. В статье дана оценка состояния водных ресурсов и влияния отраслей экономики на них по республике Башкортостан.

Водохозяйственный фонд республики очень богат, он представлен 13 тыс. рек общей протяженностью свыше 57 тыс. км, из которых 99 % составляют малые реки; насчитывается свыше 2000 озер емкостью от 0,3 км^3, разведано 164 месторождений (участков) подземных вод.

Водохозяйственный комплекс республики объединяет различные отрасли экономики, совместно использующие водные ресурсы двух бассейнов рек Камы и Урала, обеспечивает водой население и промышленные объекты, осуществляет очистку стоков от загрязнителей, регулирует уровни от подтопления территорий и населенных пунктов.

На территории Республики Башкортостан эксплуатируются:

- 755 гидротехнических сооружений, в том числе 4 объекта энергетики ГТС (Павловской, Нугушской, Юмагузинской ГЭС, Кармановской ГРЭС);
- 608 объектов водохранилищ и прудов водохозяйственного назначения объемом более 100 тыс. м^3;
- более 130 объектов накопителей отходов и стоков;
- 144 действующих очистных сооружения.

Неравномерное распределение водных ресурсов по территории республики и меньшая водообеспеченность, чем по России в целом, требуют бережного отношения к воде, как ценному природному ресурсу.

Между тем, более напряженным становится баланс в экономически развитых районах республики, интенсивнее используются поверхностные и подземные воды.

Забор воды из природных водных объектов Республики Башкортостан за последние пять лет уменьшился на 3 % и составил 808 млн $м^3$, в том числе: из поверхностных источников 48 % воды, из подземных источников 52 %, т.е. почти поровну.

Самой водоемкой отраслью в республике является промышленность – на ее долю приходится 62 % всей потребляемой воды, в том числе: энергетика – 21 %, топливная промышленность – 22 %, химическая и нефтехимическая промышленность – 15 %. На долю предприятий жилищно-коммунального хозяйства приходится более 1/3 общего объема водопотребления (34 %). Крупными водопользователями, образующими экономику республики, являются: ООО «Башкирская Генерирующая Компания», АО «Башкирская содовая компания», ПАО АНК «Башнефть», ООО «Газпром нефтехим Салават», АО «Белорецкий металлургический комбинат» [1].

Существенную роль в формировании качественного состояния водных ресурсов играет природно-климатические особенности региона расположения Республики Башкортостан.

Для водных объектов, берущих начало с Уральских гор (реки Белая и Урал), характерно повышенное содержание в воде солей тяжелых металлов. Это обусловлено тем, что Уральские горы являются местом сосредоточения металлосодержащих руд. Здесь на протяжении уже сотни лет идет их интенсивная добыча. Для рек северо-западного региона республики характерно присутствие в воде сульфатов, что объясняется особенностями минерального состава почв и производством добычи нефти.

По данным ФГБУ «Башкирское УГМС», качество воды водных объектов республики в целом стабилизировалось. Водные объекты республики по качеству оцениваются как «загрязненные», «очень загрязненные» и «грязные». В числе основных показателей загрязненности в водных объектах республики сохранялись сульфаты, нефтепродукты, соединения марганца, железа, меди.

Состояние водных объектов бассейна основной реки Башкортостан Белой, остается неблагополучным, как и в целом по республике. Однако есть и положительное моменты. В 2018 г. качество воды р. Белая по большинству пунктов улучшилось по 7 пунктам из 10 контролируемых и характеризуется как «очень загрязненная» и «загрязненная»в пределах 3 класса, за исключением створов ниже г.Салават, выше и ниже г.Стерлитамак, в которых качество воды стабилизировалось как 4 класса «грязная». По всему течению р. Белая ухудшения качества воды не наблюдалось.

Из учтенных в комплексной оценке 15 веществ наиболее характерными загрязнителями р. Белой по средним значениям являются соединения марганца (от 9,6 до 14,7 ПДК), железа (от 1,2 до 4,9 ПДК), меди (от 1,7 до 4,0 ПДК), реже – хлориды, азот аммонийный, нитриты, ХПК, $БПК_5$, никель. Отсутствует влияние нефтепродуктов, фенолов, сульфатов, соединений цинка [5].

Если рассмотреть состояние р. Белой в разрезе основных водохозяйственных участков на контрольных створах Башкирского УГМС, то влияние сбросов сточных вод очевидна. На водохозяйственном участке верховья р. Белой – превышения ПДКр.х. наблюдаются по 3 показателям: марганцу железу и меди, качество воды 3 класса загрязненности. По мере поступления сбросов от промпредприятий и предприятий ЖКХ меняется количество и состав загрязняющих веществ. На среднем участке р. Белой, где сосредоточен производственный потенциал республики, превышения ПДК наблюдаются уже по 8 показателям, с максимальными значениями ПДК по железу, меди, марганцу. В створах выше и ниже г.Стерлитамак, ниже г.Салават качество воды р. Белой соответствует 4 классу «грязная» [5].

Качество поверхностной воды в контролируемых створах Нижнекамского водохранилища на протяжении ряда лет также остается стабильным и соответствует 2 классу «слабо загрязненная» – 3 классу «загрязненная». Таким образом, показательно, что качество основной водной артерии р. Белая в нижнем течении не ухудшается, а улучшается. Вместе с тем необходимо продолжить работу в этом направлении.

Табл. 1. Качество реки Белая в разрезе основных ВХУ, доли ПДК

ВХУ (створы)	класс качества	марга-нец	железо	медь	БПК	никель	азот амоний	хло-риды
10.01.02.001 ж.д.Шушпа, ниже г. Белорецка	 3а 3б	 14,0 13,5	 3,8 30,	 2,0 1,7				
10.01.02.005 ниже г. Мелеуз, ниже г. Салават	 3а 4а	 11,3 11,4	 3,2 4,6	 3,5 3,9	 1,3	 1,2	 1,2	
10.01.02.005 ниже г. Стерлитамак	4а	14,7	4,9	4,0	1,4	1,2	1,3	1,4
10.01.02.014 г.Уфа, ниже г. Уфа	 3а 3а	 12,3 12,8	 1,6 1,5	 2,0 2,4				
10.01.02.015 ниже г.Бирск	3а	10,6	1,4	2,1				
10.01.02.016 ниже г.Дюртюли		714,5	15	2,6				

В процессе производственной деятельности промышленных предприятий 85 % забранной воды после ее использования обратно возвращается в водные объекты. Естественно, возвращаемая вода в зависимости от технологии производства и ее растворимых свойств претерпевает те или иные качественные изменения. Таким образом, неизбежно оказывается негативное влияние на качественное состояние водных объектов [1].

Табл. 2. Динамика сброса сточных вод на территории Республики Башкортостан, млн м^3

Наименования показателей	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Сброшено сточных вод в поверхностные водные объекты: в т.ч.:	483,53	462,30	478,50	432,68	438,54
а) недостаточно очищенных	297,63	276,96	283,08	259,83	243,27
б) загрязненных без очистки	0,24	0,15	0,16	0,15	0,06
в) нормативно-очищенных	20,67	21,01	21,75	21,21	54,58
г) нормативно чистых (без очистки)	164,99	164,18	173,51	151,49	140,63

Основным антропогенным воздействием на водные объекты являются сбросы загрязненных неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод. Из общего объема сбрасываемых сточных вод в поверхностные водные объекты республики, которые в 2018 г. составили 438,54 млн м3, лишь 32 % являются нормативно чистыми и 12,4 % – нормативно очищенными. Остальные 55,6 % – это загрязненные стоки [3].

Как показывает статистика, за последние пять лет объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты Республики Башкортостан, уменьшился на 18,3 % (54,53 млн м^3). Объем сточных вод, очищенных до нормативных показателей, увеличился более чем в 2 раза, объем загрязненных без очистки стоков уменьшился вчетверо и составляет 0,01 %. Объем недостаточно очищенных сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты республики, также уменьшается, однако, их доля остается значительной – более половины [1,2]. Как видно, в целом ситуация практически не меняется, хотя имеются положительные тенденции.

Несмотря на снижение общего объема водоотведения уровень антропогенного загрязнения является одной из причин неудовлетворительного качества воды поверхностных водных объектов,

в том числе используемых в качестве источников питьевого водоснабжения, а также причин накопления загрязняющих веществ в донных отложениях.

По видам экономической деятельности наибольший объем «загрязненных» сточных вод сбрасывается предприятиями ЖКХ (58 %), объем сброса предприятиями обрабатывающих производств (химическая, нефтехимическая промышленность, нефтепереработка, черная и цветная металлургия, машиностроение, металлообработка и др.) составляет 34 %, энергетической отрасли -4%, добывающих отраслей – 3 % [1].

Как видно, одной из «влиятельных» и проблемных отраслей в вопросах водопользования является жилищно-коммунальное хозяйство, где объем сброса сточных вод в поверхностные водные объекты составляет более 30 % от общего республиканского объема, а наибольший объем «загрязненных» сточных вод приходится именно на эту отрасль – и это при том, что вопрос очистки коммунальных стоков стоит очень остро.

Самым крупным водопользователем данной отрасли является МУП «Уфаводоканал», сброс сточных вод которого составляет 98,8 млн $м^3$ и 1/3 часть от общего объема недостаточно очищенных стоков по республике [3]. Предприятием проведен и проводится большой объем работ по проекту «Канализация г.Уфы (расширение и реконструкция, 1, 2, 3 очереди)» с целью восполнения недостающих мощностей сооружений по очистке стоков, обеспечения качества очистки до нормативных требований и решения вопроса обработки и утилизации осадка сточных вод. Несмотря на проведенный большой объем работ довести очистку до норматива пока не удается. Однако, есть и такие водоканалы, которые в 2018 г. смогли обеспечить нормативную очистку сточных вод – это АО «Водоснабжающая компания» г. Стерлитамак и ООО «Промводоканал» г. Салават.

Наиболее весомым водопользователем химического и нефтехимического комплекса является АО «Башкирская содовая компания» – за 2018 г. забор воды из р. Белой составляет 88,99 млн м3, сброс сточных вод 82,29 млн м3, их них недостаточно очищенных более половины (67,8 %) [3]. Причины, не позволяющие достичь нормативной очистки всех стоков на данном предприятии: недозагруженность очистных сооружений до общей проектной мощности, несоответствие технологии очистки составу сточных вод, физический износ оборудования и др. Значительное влияние на качество воды в реке Белая ниже всех выпусков АО «БСК» отмечается по хлоридам и нитритам, а в маловодные годы это состояние резко ухудшается. Здесь сказывается влияние и других предприятий южного промышленного узла (городов Салават, Стерлитамак, Мелеуз, Ишимбай). В этот неблагоприятный период несколько снизить напряженное качественное состояние реки позволяют увеличение попусков из Юмагузинского гидроузла.

Большой привнос загрязняющих веществ, а именно тяжелых металлов, и высокое влияние на качество вод р. Урал и территории соседних Оренбургской и Челябинской областей оказывают крупные представители черной и цветной металлургии АО «Учалинский ГОК» и его Сибайский филиал, «Сибайский ГОК». Так, анализ данных о массе сброса загрязняющих веществ со сточными водами показал, что в сточных водах СФ АО «УГОК» присутствует вещество 2 класса опасности – кадмий, с превышением нормы в 4,5 раз, а также медь и цинк 3 класса опасности, превышение нормативов по которым составляет более 8 раз. Из 4 класса опасности в стоках присутствуют сульфаты с превышением норм в 11,5 раз, аммоний-ион – в 5,6 раза [3]. На очистных сооружениях этих предприятий из года в год не достигается нормативная очистка сточных вод. Для снижения влияние отвалов и отстойников на водные объекты должны быть решены назревшие вопросы по эффективной качественной очистки сточных вод от тяжелых металлов, реконструкции очистных сооружений, внедрению новых технологий.

Именно недостаточно очищенные сбросы сточных вод и низкие темпы модернизации очистных сооружений – основные проблемы водохозяйственного комплекса республики и в целом Камского бассейна. В Республике Башкортостан из 141 действующих очистных сооружений, эффективно работают всего 16 %. При этом мощности очистных сооружений достаточно – вдвое больше объема сточных вод, требующих очистки. Особенно критически низкие темпы реконструкций и строительство новых очистных сооружений в жилищно-коммунальном секторе.

Причина физического и морального износа очистных сооружений связаны с тем, что финансовые средства поступающие, как правило, из региональных бюджетов или средств муниципальных образований, не покрывают расходы даже по текущему их содержанию. Несмотря на принятые нормативные правовые акты, ужесточающие требования к очистке сточных вод, административные санкции, принимаемые относительно водопользователей, эффективные результаты не наблюдаются.

Основными причинами неэффективной работы очистных сооружений являются:

– устаревшие технологии и изношенность основных производственных фондов, т.к. подавляющее количество ОС были построены более 30 лет назад и требуют полной модернизации или же нового строительства;

– отсутствие локальных очистных сооружений, ведущее к перегрузке основных очистных сооружений по концентрации поступающих загрязнителей.

В то же время все больше водопользователей вкладывают немалые средства для этих целей. Динамика увеличения доли «нормативно очищенных» произошла за счет выполнения мероприятий по реконструкции и ремонту очистных сооружения и доведения качества сбрасываемых сточных вод до нормативных показателей такими предприятиями-водопользователями как ООО «Промводоканал», АО «Водоснабжающая компания», ЗАО «Полиэф», АО «Башспирт», совхоз Алексеевский. Т.е задача нормативной очистки сточных вод не только теоретически, но и практически выполнима.

По данным госстатотчетности 2-ОС в 2018 г. для строительства, реконструкции и ремонта очистных сооружений и канализационных сетей использовано всего более 1226,47 млн руб., в основном это собственные средства респондентов. Наиболее значимый вклад в эти мероприятия внесли: ООО «Промводоканал» г. Салават – 314,3 млн руб., ПАО «ОДК УМПО» – 303,3 млн руб., АО «Учалинский ГОК» – 226,6 млн руб., МУП «Уфаводоканал» – 178,6 млн руб. [4].

Еще одна затянувшаяся проблема на сегодняшний день – это организация ливневых стоков в городах республики и отсутствие очистных сооружений, в результате чего ливневые воды стихийно прямиком попадают в водный объект. У промышленных предприятий отведение ливневой воды более или менее организовано, она или соединяется с другими стоками или самостоятельно проходит механическую очистку. Хуже обстоят дела в городах, где за качество сбрасываемой ливневой воды никто не отвечает. Есть сведения, что концентрации железа, меди, цинка, марганца, кадмия, свинца, фенола, нефтепродуктов в ливневых стоках на протяжении 10 лет превышают ПДК в сотни раз. В переводе на массу основных загрязняющих веществ следует вывод, что неорганизованный сброс ливневых вод с территории г.Уфа в 6,5 раз превышает массу загрязняющих веществ от сосредоточенных сбросов сточных вод предприятий г.Уфы, а значит наносит более значительный ущерб естественным водным объектам. Такая же картина наблюдается и в других городах республики [1].

Для кардинального изменения ситуации в ближайшее десятилетие необходимо реализовать программу модернизации очистных сооружений с внедрением системы нормирования на основе наилучших доступных технологий (НДТ) и меры экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших реально используемых и доступных технологий. Предстоит увеличить расходы на реконструкцию и модернизацию очистных сооружений, на строительство систем локальной очистки, определить очередность модернизации очистных сооружений, взять под контроль очистные сооружения предприятий коммунального хозяйства населенных пунктов, которые уже выработали свой ресурс.

Только комплексное решение этих проблем на уровне как органов исполнительной власти, так и предприятий-водопользователей позволит восстановить и затем сохранить в слабонарушенном состоянии водный фонд республики, обеспечить население качественной питьевой водой и достаточность водоснабжения отраслей экономики, добиться рационального использования водных объектов, т.е. привести водохозяйственный комплекс республики в стабильное благополучное экологическое состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Республики Башкортостан». Уфа: ОВР по РБ Камского БВУ, 2018,158 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Республики Башкортостан». Уфа: ОВР по РБ Камского БВУ, 2014,183 с.
3. Госстатотчет по форме 2-тп (водхоз) «Сведения об использовании воды», 2018, «ИАС 2-тп (водхоз)» (версия Модуля Росводресурсов 3.2).
4. Госстатотчет по форме 2-ос (водхоз) «Сведения о выполнении водоохранных работ на водных объектах», 2018 год.
5. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Башкирское УГМС», 2018, 207 с.

УДК 574.58:332.2

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД ЕВРО-АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Даувальтер В.А., Кашулин Н.А.
Институт проблем промышленной экологии Севера
г. Апатиты, Россия
vladimir@inep.ksc.ru

Ключевые слова: пресноводные ресурсы Арктики, тяжелые металлы, донные отложения, критерии оценки качества вод.

В результате многолетних гидрохимических исследований пресноводных ресурсов Евро-Арктической зоны России, осуществляемых лабораторией водных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН» (ИППЭС КНЦ РАН), выявлен устойчивый тренд усиления загрязнения тяжелыми металлами, закисления и эвтрофирования поверхностных вод. Предложены показатели качества поверхностных вод Евро-Арктической зоны России с учетом региональных особенностей, которые были сравнены с критериями, принятыми в других Арктических странах мира (Норвегии и Канаде).

THE RUSSIA EURO-ARCTIC ZONE FRESH WATER QUALITY CRITERIA

Dauvalter V.A., Kashulin N.A.
Institute of Industrial Ecology of the North
Apatity, Russia
vladimir@inep.ksc.ru

Key words: Arctic freshwater resources, heavy metals, bottom sediments, water quality assessment criteria.

The steady trend towards increasing pollution by heavy metals, acidification and eutrophication of surface waters of the Euro-Arctic zone of Russia has been revealed in the course of perennial hydro/chemical studies of the water resources, carried out by the Laboratory of Aquatic Ecosystems of INEP KSC RAS. The authors propose indicators of the surface waters' quality of the Euro-Arctic zone of Russia, taking into account regional features compared with the criteria adopted in other Arctic countries of the World (Norway and Canada).

Особенности функционирования водных экосистем в современных условиях (увеличение токсичности водной среды, радикальные структурно-функциональные перестройки сообществ гидробионтов, изменение трофического статуса водоемов, снижение стабильности пресноводных экосистем, повышение рисков катастрофических деградационных изменений [1, 2] требуют пересмотра критериев и методологических подходов к оценке качества поверхностных вод и организации системы гидроэкологического мониторинга. При разработке показателей качества пресных вод необходимо учитывать современное состояние и региональные особенности водоемов, например, фоновые концентрации элементов в поверхностных водах и донных отложениях (ДО). Предлагается за основу брать концентрации тяжелых металлов (ТМ) в условно фоновых водоемах, удаленных от крупных промышленных источников. К примеру, озера восточной части Мурманской области располагаются на достаточном расстоянии от горно-металлургических предприятий (более 100 км), чтобы отнести их к незагрязненным ТМ, т.е. «фоновым».

Оценка степени загрязнения пресноводных водоемов Евро-Арктической зоны России по содержанию ТМ в воде

Фоновые концентрации ТМ в воде ($Ф_n^i$) определяли как медианное значение (М) концентраций каждого конкретного элемента в 400 озерах восточной части Мурманской

области [3, 4] плюс одно стандартное отклонение. Использовали именно медианное, а не среднее значение, т.к. озера расположены в разных ландшафтно-географических зонах (тундровая, таежная, горная) с различными геохимическими особенностями водосборов, что сказывается на значительных вариациях концентраций элементов. Следовательно, данный метод статистического определения учитывает тот факт, что разные типы водоемов могут иметь различные концентрации ТМ. Если концентрации конкретных элементов в озерах имеют низкий разброс, тогда сумма $M+s_n$ будет близка к М; если разброс велик, – сумма рассчитывается статистически достоверным способом. Для определения интенсивности загрязнения пресноводных водоемов Евро-Арктической зоны России ТМ по показателю Φ_n^i предложена следующая классификация: $\Phi_f^i<1$ – фоновое содержание элемента в воде (низкое загрязнение поверхностных вод данным элементом), $1\leq\Phi_f^i<5$ – умеренное, $5\leq\Phi_f^i<10$ – значительное, $\Phi_f^i\geq10$ – высокое загрязнение (табл. 1).

Табл. 1. Оценка степени загрязнения пресноводных водоемов Евро-Арктической зоны России на основе анализа концентраций ТМ в воде

Элемент	Содержание элемента в воде, мкг/л							Степень загрязнения водоема			
	M*	X	min	max	s_n	$M+s_n$	Φ_n^i	фоновое	умеренное	значительное	сильное
Zn	1,7	2,6	0,0	24,0	3,1	4,82	5,0	<5	5,0–25,0	25,0–50,0	>50
Cu	0,7	1,37	0,0	22,0	2,5	3,19	3,0	<3	3,0–15,0	15,0–30,0	>30
Ni	0,6	1,0	0,0	9,0	1,2	1,77	2,0	<2	2,0–10,0	10,0–20,0	>20
Co	0,2	0,3	0,0	8,0	0,8	1,00	1,0	<1	1,0–5,0	5,0–10,0	>10
Pb	0,3	0,34	0,0	1,4	0,24	0,54	0,5	<0.5	0,5–2,5	2,5–5,0	>5
Cd	0,05	0,10	0,0	0,99	0,16	0,21	0,2	<0.2	0,2–1,0	1,0–2,0	>2
As	0,01	0,07	0,01	0,25	0,096	0,106	0,1	<0.1	0,1–0,5	0,5–1,0	>1

Примечание. Концентрации элементов: М – медианные, X – средние, min – минимальные, max – максимальные, Φ_n^i – фоновые доиндустриальные; s_n – стандартное отклонение. *Рассчитано на основе концентраций ТМ в воде 400 озер восточной части Мурманской области [3, 4].

Сравнение предлагаемых критериев с существующими нормативными величинами для водоемов России – предельно допустимыми концентрациями ТМ для вод рыбохозяйственных водоемов ($ПДК_{рбхз}$ [5]) и санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами для питьевой воды (СанПиН [6]) показало значительное различие, отражающее региональные геохимические особенности формирования химического состава поверхностных вод (табл. 2).

Табл. 2. Предельно допустимые концентрации ($ПДК_{рбхз}$ [5]) и санитарно-эпидемиологические нормативы для питьевой воды (СанПиН [6])

Элемент	$ПДК_{рбхз}$, мкг/л	СанПиН, мкг/л	
		Первая категория	Высшая категория
Hg	0,01	0,5	0,2
Cu	1	1000	1000
Cd	5	1	1
Ni	10	20	20
Zn	10	5000	3000
Co	10	100	100
As	50	10	6
Pb	100	10	5

Подобный подход применялся при разработке критериев оценки степени загрязнения ТМ пресноводных водоемов Канады и Норвегии. Критерии, установленные Министерством окружающей среды Канады [7], основаны на содержании в воде карбоната кальция $CaCO_3$, определяющего кислотно-щелочные условия, степень минерализации и другие

гидрохимические показатели водоемов. В зависимости от содержания $CaCO_3$ предельно допустимые концентрации ТМ (например, Ni и Pb) могут отличаться в 5–7 раз (табл. 3, 4).

Согласно методике определения интенсивности загрязнения вод, разработанной Комитетом охраны окружающей среды Норвегии [8], в зависимости от превышения концентраций ТМ над фоновыми значениями, водоемы подразделяются на 5 классов: с фоновым (background), умеренным (moderate), заметным (marked), сильным (strong) и очень сильным (very strong) загрязнением.

Табл. 3. Критерии оценки степени загрязнения пресноводных водоемов ТМ (мкг/л), принятые в Канаде [7] и Норвегии [8]

Элемент	Критерии (степень загрязнения)					
	Канада	Норвегия				
		фоновое	умеренное	заметное	сильное	очень сильное
Cd	0,017	<0,04	0,04–0,1	0,1–0,2	0,2–0,4	>0,4
Hg	0,1	<0,002	0,002–0,005	0,005–0,01	0,01–0,02	>0,02
Pb	1–7	<0,5	0,5–1,2	1,2–2,5	2,5–5,0	>5
Cu	2–4	<0,6	0,6–1,5	1,5–3,0	3,0–6,0	>6
As	5,0	<0,5	0,5–2,5	2,5–5,0	5,0–10,0	>10
Ni	25–150	–	–	–	–	–
Zn	30	<5	5–20	20–50	50–100	>100

Табл. 4. Предельно допустимые концентрации ТМ в воде (ПДК, мкг/л) в зависимости от содержания карбоната кальция (мг/л)

ПДК тяжелых металлов, мкг/л	Pb				Cu			Ni			
	1	2	4	7	2	3	4	25	65	110	150
Содержание $CaCO_3$, мг/л	0–60	60–120	120–180	>180	0–120	120–180	>180	0–60	60–120	120–180	>180

Оценка степени загрязнения пресноводных водоемов Евро-Арктической зоны России по содержанию ТМ в ДО

Для разработки критериев оценки степени загрязнения пресноводных водоемов также предлагается проводить сравнительный анализ содержания ТМ в фоновых слоях ДО (на глубине колонки более 20 см) и в поверхностном 1-см слое, отражающем современное экологическое состояние водоемов. Определение фоновых доиндустриальных концентраций элементов основано на методике Л. Хокансона [9], который рассчитал этот показатель в ДО 50 озер Швеции, различающихся по размерам, географическому положению, трофическому статусу и другим лимнологическим характеристикам.

Фоновые доиндустриальные значения (C_n^i) для каждого из исследованных элементов определяли как среднее значение фоновых концентраций элемента в 80 озерах Мурманской области плюс одно стандартное отклонение. При низкой степени разброса сумма $X+s_n$ оказывалась близка к X; в случае большого разброса сумма рассчитывалась статистически достоверным способом. В итоге предложена следующая классификация пресноводных водоемов Евро-Арктической зоны России по степени загрязнения ТМ в ДО: $C_f^i < 1$ – фоновое содержание элемента в ДО (низкая степень загрязнения), $1 \leq C_f^i < 5$ – умеренное, $5 \leq C_f^i < 10$ – значительное, $C_f^i \geq 10$ – высокое загрязнение (табл. 5).

Табл. 5. Оценка степени загрязнения пресноводных водоемов Евро-Арктической зоны России на основе анализа содержания ТМ в ДО

Элемент	Содержание элемента в ДО, мкг/г с.в.						Степень загрязнения водоема			
	X*	min	max	s_n	$X+s_n$	C_n^i	фоновое	умеренное	значительное	сильное
Hg	0,035	0,003	0,112	0,021	0,056	0,060	<0,06	0,06–0,3	0,3–0,6	>0,6
Cd	0,23	0,02	2,10	0,26	0,48	0,50	<0,5	0,5–2,5	2,5–5,0	>5
As	3,2	0,5	13,7	3,2	6,4	7,0	<7	7–35	35–70	>70
Pb	4,4	0,5	15,0	3,4	7,8	8,0	<8	8–40	40–80	>80
Co	13	2	69	11	23	25	<25	25–125	125–250	>250
Cu	27	2	94	22	49	50	<50	50–250	250–500	>500
Ni	27	4	214	27	54	55	<55	55–275	275–550	>550

Примечание. Концентрации элементов: X – средние фоновые, min – минимальные, max – максимальные, C_n^i – фоновые доиндустриальные; s_n – стандартное отклонение. *Рассчитано на основе концентраций металлов в донных отложениях 80 озер Мурманской области [3, 4].

Канадским министерством окружающей среды [7] определены фоновые концентрации ТМ в ДО (ISQG) и концентрации, превышение которых может вызвать негативные последствия для жизнедеятельности гидробионтов (PEL) (табл. 6).

Табл. 6. Критерии оценки степени загрязнения ДО пресноводных водоемов ТМ, принятые в Канаде [7] и Норвегии [8]

Элемент	Канадские критерии		Степень загрязнения водоема (норвежские критерии)				
	ISQG	PEL	фоновое	умеренное	заметное	сильное	очень сильное
Hg	0,17	0,486	<0,15	0,15–0,6	0,6–1,5	1,5–3,0	>3
Cd	0,60	3,5	<0,5	0,5–2,5	2,5–10	10–20	>20
As	5,9	17	<5	5–25	25–100	100–200	>200
Cu	36	197	<30	30–150	150–600	600–1800	>1800
Ni	–	–	<50	50–250	250–1000	1000–3000	>3000
Pb	35	91,3	<50	50–250	250–1000	1000–3000	>3000
Zn	123	315	<150	150–750	750–3000	3000–9000	>9000

Примечание. ISQG (Interim freshwater sediment quality guidelines) – фоновые концентрации, PEL (probable effect level) – уровень возможного эффекта.

Сравнение предлагаемых нормативов с разработанными нормами в [7] и Норвегии [8] показывает, что они достаточно сопоставимы и могут быть предложены в качестве критериев оценки степени загрязнения ТМ пресноводных водоемов Евро-Арктической зоны России. Приведенные критерии разработаны впервые и носят предварительный характер. Для расширения списка контролируемых показателей и обоснования их количественных характеристик требуется более глубокая проработка данного вопроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kashulin N.A., Dauvalter V.A., Denisov D.B., Valkova S.A., Vandysh O.I., Terentjev P.M., Kashulin A.N.* Selected aspects of the current state of freshwater resources in the Murmansk Region, Russia // Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2017. Vol. 52. No. 9. P. 921–929.
2. *Кашулин Н.А., Даувальтер В.А., Денисов Д.Б., Валькова С.А., Вандыш О.И., Терентьев П.М., Кашулин А.Н., Зубова Е.М., Королева И.М., Косова А.Л., Черепанов А.А*. Комплексные исследования пресноводных экосистем Фенноскандии // Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная Экология Севера. 2018. Т. 9. Выпуск 6. С. 34–86.

3. *Кашулин Н. А., Сандимиров С. С., Даувальтер В. А., Кудрявцева Л. П., Терентьев П. М., Денисов Д. Б., Валькова С. А.* Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области (Восточная часть. Бассейн Баренцева моря). В 2 ч. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. Ч. 1. 249 с. Ч. 2. 128 с.
4. *Кашулин Н. А., Сандимиров С. С., Даувальтер В. А., Кудрявцева Л. П., Терентьев П. М., Денисов Д. Б., Вандыш О. И., Валькова С. А.* Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области (Восточная часть. Бассейн Белого моря). В 2 ч. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. Ч. 1. 221 с. Ч. 2. 235 с.
5. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд-во ВНИРО, 1999, 304 с.
6. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_569.html.
7. Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2018. Retrieved September 4, 2018, from http://st-ts.ccme.ca/en/index.html.
8. *Molvær J., Knutsen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J. & Sørensen J.* Classification of environmental quality in fjords and coastal waters. A guide. Norwegian Pollution Control Authority, 1997. SFT TA-1467/1997.
9. *Håkanson L.* An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Research. 1980. Vol. 14. P. 975–1001.

УДК 504.4

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЦЕЛЕЙ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИХ СИСТЕМ

Заслоновский В.Н., Раенко Н.К., Наделяева Н.Н.
ФГБОУВО «Забайкальский государственный университет», г. Чита, Россия
mail@zabgu.ru

Ключевые слова: водотоки, водопользование, качество воды, удельный комбинаторный индекс загрязнения, ПДК, метод комплексной оценки.

Рассматриваются применяемые методы оценивания качества воды водных объектов по степени загрязненности, отмечаются их достоинства и недостатки. На примере анализа данных гидрохимических исследований участка трансграничной реки Аргунь показана важность выбора презентативных показателей и их ранжирование, по степени влияния на окончательную оценку состояния водного объекта. Приведено примерное сравнивание систем оценивания качества воды в Китае и России.

TAKING INTO CONSIDERATION OF THE WATER BODIES' SPECIAL FEATURES AND THE WATER USE OBJECTIVES IN ASSESSMENT OF THEIR SYSTEMS' ECOLOGICAL STATUS

Zaslonovsky V.N., Raenko N.K., Nadelyaeva N.N.
Trans-Baikal State University, Chita, Russia
mail@zabgu.ru

Key words: watercourses, water use, water quality, specific combinatorial pollution index, maximum permissible concentrations, integrated assessment method.

The article discusses the applied methods for assessing the water quality of water bodies according to the degree of contamination, their advantages and disadvantages are noted. Using the example of analyzing hydro/chemical data from a section of the cross-boundary Argun River, the authors have demonstrated importance of selecting presentation indicators and their ranking by the degree of influence on the final assessment of the status of a water body. The article compared water quality assessment systems in China and Russia.

Экологическое состояние водных объектов определяет состояние гидросферы в целом, функционирование всех экосистем и, в конечном итоге, возможность жизни на Земле. В современном мире в связи с развитием индустрии и, соответственно, растущей антропогенной нагрузкой на природные объекты, синтезом новых химических веществ, зачастую биохимически неразлагаемых в естественных условиях, информация об экологическом состоянии водных объектов становится жизненно важной. Использование водотоков, водоемов и других водных объектов обусловлено насущными проблемами человечества. В связи с этим формировались требования к качеству воды. Даже в самом определении в ГОСТе «качество воды – характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для какого-либо вида водопользования» [1] заложены цели водопользования. Хотя общеизвестно, что каждый водный объект уникален и имеет показатели качества, сложившиеся исторически и присущие только ему. В современном мире не существует локальных катастроф, поэтому деградация любого, даже небольшого водного объекта, окажет влияние не только на состояние данной экосистемы, но и в целом на экологическое состояние гидросферы. Вопрос не стоит о сохранении начального экологического состояния, так как развитие человечества как популяции невозможно без использования объектов гидросферы. Нарушение, трансформация ее составляющих происходит и будет происходить. Вопрос состоит в том, чтобы не была нарушена способность к самовосстановлению, чтобы трансформация не приводила к деградации.

На Земле существует глобальная система мониторинга состояния окружающей среды. В России функция регулярного мониторинга водных объектов возложена на органы гидрометеослужб. Мониторинг, осуществляемый службами УГМС, позволяет отслеживать содержание поллютантов в воде во времени и пространстве, выявлять их меру воздействия на водные объекты. Методика расчета УКИЗВ – удельного комбинаторного индекса загрязнения [2], используемая для этих целей, сводится к характеристике водного объекта по степени загрязнения. По уровню загрязненности водные объекты подразделяются на чистые, загрязненные, сильно загрязненные, грязные, очень грязные, экстремально грязные. Методика утверждена Росгидрометом в 2002 году. Ранее использовалась методика расчета ИЗВ – индекса загрязнения воды – формализованная оценка по гидрохимическим показателям [3]. По уровню загрязненности по данной методике вода классифицировалась на очень чистую, чистую, умеренно загрязненную, загрязненную, грязную, очень грязную, чрезвычайно грязную. В целом, по указанным методикам отслеживается состояние водных объектов по степени загрязненности и на этой основе дается их характеристика. Безусловно, такая информация является весьма важной и используется для определения приоритетных мероприятий для снижения антропогенного воздействия. Но для характеристики общего экологического состояния водного объекта требуется более детальный анализ, включающий аргументированный выбор презентативных показателей качества воды для характеристики экологического состояния конкретного водного объекта. А они связаны с целями использования воды.

Водотоки являются важнейшей составной частью экосистемы гидросферы, имеющей большое практическое значение в развитии экономики любого государства, производства и производительных сил. Поэтому требуют особо пристального внимания с точки зрения их химико-биологического состояния и влияния на экосистему в целом. Зачастую водотоки используют для сброса сточных вод как промышленных предприятий, так и коммунально-бытовых вод. Фактически водотоки являются продолжением систем водоотведения. Имеются сформированные, методически рассчитанные требования к сбросу вод с учетом состояния водного объекта. В основе таких расчетов лежат величины степени разбавления и ПДК, которые различаются по видам водопользования: рыбохозяйственного [4], хозяйственно-питьевого и культурно-бытового [5], питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного [6]. Но из-за несовершенства и недостаточно четкой работы очистных сооружений такое использование водотоков приводит к нарушению естественного состава и свойств воды. Особенно остра проблема трансграничных рек.

Приведем для примера анализ качественного состава вод р. Аргунь в створе с. Олочи, выполненный нами на основании данных ЗабУГМС за период с 2000 по 2018 гг.

Село Олочи находится в Нерчинско-Заводском районе Забайкальского края, расположено на левом берегу трансграничной реки Аргунь в 22 км от села Нерчинский Завод. Река Аргунь относится к бассейну стока Тихого океана. Общая длина реки составляет 1620 км. Отрезок реки на расстоянии в 916 км, расположенный в пределах Забайкальского края, является российско-китайской границей. При общей площади водосбора в 164 000 км^2 на Забайкальский край приходится 49100 км^2, что составляет 30 % от общей площади водосбора реки Аргунь. Следовательно, сток с остальных 70 % площади бассейна реки формируется на территории Китая.

Для оценки качества воды нами был произведен расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) по 10 показателям, данные по которым имелись за все указанные годы: растворенный кислород O_2, $БПК_5$, фосфаты, нефтепродукты, нитрит-ионы, нитрат-ионы, аммонийный азот, железо общее, медь, цинк. Все показатели сравнивались с предельно допустимыми концентрациями для водных объектов рыбохозяйственного значения, установленные приказом № 552 от 13.12.2016 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [4]. По растворенному кислороду O_2, $БПК_5$, фенолам, железу, меди и цинку в ряде случаев были выявлены превышения. Остальные ингредиенты, перечисленные выше, входят в перечень обязательных для расчета комплексной оценки. Расчет проводился в соответствии с РД

52.24.643 2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [2]. Основой метода является сочетание дифференцированного и комплексного способов оценки качества воды. Основа дифференцированного способа заключается в оценке качества воды по отдельным загрязняющим веществам с использованием статистических методов. По методу комплексной оценки можно скалярной величиной оценить загрязненность воды. Преимуществом данного метода является возможность оценивания степени загрязненности воды одновременно по всем показателям. Результаты аналитических исследований представлены в таблице 1.

Табл. 1. Среднегодовые показатели содержания анализируемых веществ в воде

Год	Гидрохимические показатели, мг/л									
	O_2	$БПК_5$	Фенолы	н/п	NO_2	NO_3	NH_3	$Fe_{общ}$	Cu	Zn
2000	10,16	6,24	0,0003	0,52	0,008	0,003	0,14	0,76	0,0072	0,022
2001	9,92	4,29	0,0017	0,14	0,010	0,003	0,040	0,75	0,0097	0,024
2002	7,96	3,72	0,0010	0,12	0,006	0,011	0,089	1,10	0,0072	0,014
2003	6,08	1,90	0,0013	0,29	0,003	0,016	0,036	0,63	0,0053	0,009
2004	5,7	1,87	0,0014	0,31	0,013	0,004	0,066	0,64	0,0128	0,014
2005	9,77	2,07	0,0021	0,16	0,002	0,023	0,037	0,29	0,0093	0,012
2006	8,55	3,45	0,0010	0,32	0,007	0,013	0,061	0,12	0,004	0,028
2007	8,23	4,05	0,0010	0,07	0,0049	0,010	0,099	0,15	0,0026	0,004
2008	8,75	5,37	0,0010	0,08	0,0014	0,010	0,09	0,19	0,0026	0,014
2009	9,06	2,46	0,0010	0,16	0,0014	0,000	0,036	0,16	0,0014	0,015
2010	8,10	2,35	0,0017	0,29	0,0014	0,040	0,224	0,09	0,0020	0,031
2011	9,15	4,32	0,0011	0,08	0,0063	0,06	0,154	0,16	0,0038	0,195
2012	9,11	2,88	0,0014	0,07	0,0043	0,15	0,287	0,14	0,0018	0,020
2013	8,73	3,41	0,0021	0,31	0,0034	0,11	0,353	0,25	0,0141	0,019
2014	8,85	3,53	0,0009	0,08	0,0044	0,07	0,120	0,11	0,0042	0,005
2015	8,94	3,07	0,0009	0,08	0,0044	0,05	0,060	0,09	0,0039	0,005
2016	10,01	20,57	0,0000	0,04	0,0146	0,09	0,126	0,14	0,0032	0,006
2017	9,76	3,59	0,0006	0,10	0,0063	0,04	0,123	0,07	0,0023	0,008
2018	9,32	6,5	0,0020	0,06	0,010	0,22	0,376	0,31	0,016	0,007

Для представленных веществ установлены [4] следующие $ПДК_{рыб/хоз}$: растворенный кислород O_2 > 6,0 мг/дм^3, $БПК_5$ не > 2,1 мг/дм^3, нефтепродукты 0,05 мг/дм^3, фенолы 0,001 мг/дм^3, NH_3 0,4 мг/дм^3, NO_2 0,08 мг/дм^3, NO_3 40 мг/дм^3, $Fe_{общ}$ 0,1 мг/дм^3, Cu 0,001 мг/дм^3, Zn 0,01 мг/дм^3. Для каждого вещества вычислены обобщенные оценочные баллы, учитывающие значения наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения $ПДК_{рыб/хоз}$ по каждому ингредиенту. Его значения по каждому веществу в отдельности может колебаться, согласно [2], для различных вод от 1 до 16, чем оно больше, тем более высока степень загрязненности воды. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Табл. 2. Обобщенный оценочный балл по ингредиентам

Вещества	**Обобщенный оценочный бал**
Растворенный кислород O_2	1
$БПК_5$	7,44
Фенолы мг/дм^3	3,84
Нефтепродукты	6,6
Нитрит-ионы NO_2 мг/дм^3	1
Нитрат-ионы NO_3 мг/дм^3	1
Азот аммонийный (NH_3) мг/дм^3	1
Железо общее (Fe) мг/дм^3	8,85
Медь (Cu) мг/дм^3	4,0
Цинк (Zn) мг/дм^3	8,84
Среднее значение	4,4

Согласно методике [2] критическим показателем загрязненности считается такой показатель, для которого $S_{ij} \geq 9$, где S_{ij} – обобщенный оценочный бал по каждому ингредиенту.

Из расчетов видно, что все значения обобщенного оценочного балла меньше 9, среднее значение равно 4,4. Следовательно, качество воды р. Аргунь в створе с. Олочи за рассматриваемый многолетний период относится к 4 классу, разряда «а» и характеризуется как «грязная вода».

Для мониторинга водных объектов, осуществляемого службами УГМС, данный метод комплексной оценки должен и далее применяться, но, как было упомянуто выше, в данной методике указан перечень обязательных ингредиентов, не учитывающих характерные особенности конкретного водотока и цели, для которых производится оценка качества. В одном случае некоторые из обязательных ингредиентов являются малозначимыми для определения качества воды в зависимости от вида ее использования. В другом, некоторые из таких показателей, на протяжении всего периода наблюдений будут незначительными по величине и при общей оценке качества их использование будет снижать влияние более важных показателей для определенного водного объекта в зависимости от цели его использования.

В данном створе, на наш взгляд, по многолетним наблюдениям показатели качества можно объективно распределить на следующие группы:

I – показатели, средние значения которых за весь период наблюдений были значительно выше $ПДК_{рыб/хоз}$, и повторяемость превышения ПДК более 90 % – к ним относятся нефтепродукты и медь;

II – показатели, средние значения которых выше $ПДК_{рыб/хоз}$, но повторяемость превышения ПДК от 60 до 85 %, к ним относятся $БПК_5$, железо общее, цинк;

III – показатели, средние значения которых не превышают $ПДК_{рыб/хоз}$, и повторяемость превышения ПДК от 40 до 10 %, к ним относятся фенолы;

IV – показатели, значения которых всегда ниже $ПДК_{рыб/хоз}$, и повторяемость превышения ПДК ниже 10 % – к ним относятся растворенный кислород O_2, нитрит-ионы NO_2, нитрат-ионы NO_3, азот аммонийный NH_3.

Таким образом, учитывая цели водопользования, для данного конкретного водотока первые две группы являются наиболее значимыми для оценки качества воды, а показатели 3 и 4 группы могут снизить их влияние.

Учитывая особенность водного объекта (трансграничный водоток), необходимо попытаться сопоставить нашу оценку с оценкой сопредельного государства (КНР).

Если обратиться к системе оценки качества вод, применяемой в КНР, то в этой системе для определения категории качества вод и его характеристики (отличная, хорошая, слабо загрязненная и т.д.) определяющим фактором также является область использования вод, т.е. цель водопользования [7]. В зависимости от того, какой процент определяемых ингредиентов соответствует той или иной категории качества вод, определяются ее классы качества (всего их шесть, причем шестой класс – это воды малопригодные для любого использования). То есть китайская система классификации качества природных вод, учитывающая возможные направления использования, имеет определенное сходство с ныне действующей в России системой УКИЗВ. Единственный неизвестный нам пока фактор – какие конкретно вещества (ингредиенты) используются в китайской системе оценки качества вод для определения целей возможного использования воды. Но в этом вопросе вряд ли возможны принципиальные противоречия, поскольку набор веществ в любом случае диктуется требованиями конкретных направлений использования (чувствительность организма рыб, человека, водных растений к тем или иным концентрациям определенных веществ в воде), то есть объективными факторами, не зависящими от национальных, географических и других условий.

Так, в соответствии с данными приведенными в [8] примерно в том же створе с. Олочи на р. Аргунь (но на китайском берегу) в 2016–2017 гг. качество воды оценивалось, в среднем, между 3 и 4 классом. По китайской системе оценок это соответствует тому, что

около 75 % определяемых ингредиентов обладают отличными и хорошими характеристиками, а воды оцениваются как «хорошие» – «слабо загрязненные». В эти же годы по нашей системе оценок с применением $ПДК_{рыб/хоз}$ превышение наблюдалось по трем веществам ($БПК_5$, железо и медь) из десяти, приведенных в табл. 1, т.е. – у 30 % ингредиентов, а воды по системе УКИЗВ соответствуют классу $3_б$ – «очень загрязненные». Если учесть, что китайские нормативы качества, именуемые как «хорошие», предполагают целевое использование таких вод для питьевых целей, рыболовства и купания, т. е. соответствуют целям, для которых утверждены российские $ПДК_{хоз/пит\ и\ культ/быт}$, то китайские и российские оценки в данном случае не слишком сильно различаются.

В заключение необходимо отметить, что для других водных объектов с учетом их особенностей, сравнение систем оценок может быть несколько иным. Поэтому следует в дальнейшем продолжить анализ критериев и систем оценок качества вод сопредельных государств с учетом конкретных условий и целевого использования вод. В частности, это можно сделать в процессе совместного российско-китайского мониторинга вод р. Аргунь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
2. РД 52.24.643 2002 Руководящий документ Метод оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - Ростов-на Дону, 2002.46 с
3. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям Государственный комитет СССР по гидрометеорологии Утв. 21.07.1988 г. М., 1986.
4. Приказ № 552 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения от 13 декабря 2016 г. № 552. Приказ министерства сельского хозяйства РФ // Министр А.Н. Ткачев. 2017 г. № 45203. 153 с.
5. ГН 2.1.5.1315-03 Гигиенические нормативы Постановление № 78 от 30 апреля 2003 г. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
6. СанПиН 2.1.5.980-00 Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
7. *Босов М.А.* Методы оценки качества поверхностных вод в КНР//Водные ресурсы и водопользование. / Босов М.А., Зима Л.Н. Вып. 8. Чита: ЗабГУ, 2017. С. 78–82.

Ежемесячный контроль качества воды в ключевых долинах рек Внутренней Монголии (кит.): (сайт) URL: http://sthjt.nmg.gov.cn/hjfw/hjzk/gkyb/index.html.

УДК 556.02

ПРОЕКТ «ЧИСТАЯ ВОДА»

Зубков А.В.
ФГБУН «Институт горного дела Уральского отделения РАН»,
г. Екатеринбург, Россия
sentyabov1989@mail.ru

Ключевые слова: вода Байкала, водовод, трубопровод по России.

В проекте рассмотрен вариант снабжения 70 миллионов человек в 5 Федеральных округах России в расчете 5 литров воды на человека в день путем прокладки водовода из озера Байкал вдоль основных автомагистралей. Дается ориентировочно в ценах 2005 года стоимость строительства, диаметры труб и скорости потока воды и возможные объемы реализации воды из расчета цены продаж 2 рубля за литр (на сумму 240 млрд рублей).

«PURE WATER» PROJECT

A. V. Zubkov
Russian Academy of Sciences Ural Branch Institute of Miningб
Ekaterinburg, Russia
sentyabov1989@mail.ru

Key words: Baikal water, water pipeline, pipeline across Russia.

The project considers an option of supplying the Lake Baikal water (5 liters per person per day) for 70 million people in 5 Federal districts of the Russian Federation by laying a conduit from the Lake Baikal along the main highways. The cost of construction, pipe diameters and water flow rates and possible sales volumes of water based on the sales price of 2 rubles per liter (worth 240 billion rubles) are given approximately at the 2005 prices.

Проектом предусматривается обеспечение чистой водой из озера Байкал около 70 млн человек в 5 федеральных округах России в расчете 5 л на человека в день. Воду предполагается использовать для пищевых нужд населением, в пунктах общепита, для производства алкогольных и безалкогольных напитков, хлебобулочных, кондитерских изделий и т.п.

Для прокачки 330 000 $м^3$/сут необходимо проложить.

I вариант – 4100 км труб диаметром 1420 ÷ 1600 мм;
– 3500 км труб диаметром от 350 мм до 1220 мм.

II вариант – 8200 км труб диаметром 1000 ÷ 1220 мм;
– 7000 км труб диаметром 300÷900 мм.

Для осуществления проекта необходимо следующее.

1. Учитывая, что до конечных пунктов, в т. ч. и Москвы, вода будет идти 30–35 суток, необходимо внутреннюю поверхность труб покрывать антикоррозийным и химически безопасным составом.

В первом приближении необходимо электролитическое покрытие, а затем еще один слой, к примеру, серебро. Не исключено и другое покрытие. По этой причине трубы нельзя сваривать в полевых условиях., а оборудовать замковым соединением на заводе-изготовителе труб.

2. Прокладку трубопроводов целесообразно осуществлять вдоль автомагистралей, т.к. это экологически чистый продукт, что облегчит строительство.

3.Для спрямления трассы целесообразно использовать подвесные мосты, виадуки и горные выработки сечением до 9 м в горах. Таких выработок каждая шахта и рудник проходит от 10 до 20 км в год. На проходке выработок необходимо задействовать шахтопроходческие бригады из Кузбасса и Урала.

Маршрут, расход воды и стоимость строительства в ценах 01.01.2005 г.

Трасса 1

п/п	Контрольные пункты, города	Расстояние	Население тыс. чел.	Потребность в воде $м^3$/сут	Расход воды $м^3$/сут	Вар. 1	Вар.2
						Диаметр трубы, мм Скорость потока, м/сек Стоимость строительства, млрд. б.	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Иркутск Зима Нижнеудинск Тайшет		250	1250	330000	1600 до 81,3	2 х 1100 до 95,1
2	Канск Красноярск Ачинск			5000	328750		
3	– Маринск – Кемерово на Новокузнецк-151 км – Юрга на Томск 99 км		2500	12500	323750		
4	Новосибирск Куйбышев		1800	9000	31 1250		
5	Омск	2400	1200	6000	302250		
6	Тюмень	2970	450	2250	296250		
7	Екатеринбург на Челябинск 220 км на Нижний Тагил-130 км Красноуфимск	3300	6000 в т.ч. 2500 600	30000	294000		
8	Янаул Камбарка на Сарапул-Ижевск – 100 км	3750	1000	5000	264000		
9	Набережные Челны Казань	ц 100	2100		259000	1500 до 2,0 88 ,4	2 х 1000 до 2,0 1 17,9
10	Цивильск Чебоксары	4260	400	2000	169500	1200 до 1,8 16,1	2 х 900 до 1 7,4
11	Нижний Новгород	4500	2500	12500	167500		
12	Владимир	4800		5000	155000	100 до 1,8 12,1	2 х 800 до 1,8 13,4
13	Москва на Ригу на Минск на Орел-Киев	4900	30000	150000	150000		
Итого, стоимость				млрд долл		198 6,8	244 8,4

4. Для обеспечения безопасности и равномерности подачи воды на трассе трубопровода через определенное расстояние необходимо оборудовать концентрационные емкости:

- из первой вода поступает дальше;
- вторая находится под санитарно-эпидемиологическим контролем;
- третья заполняется.

Замковое соединение труб позволит быстро ликвидировать возможные аварии, а концентрационные емкости снивелируют остановки в подаче воды. В этом отношении предпочтителен II вариант с двумя нитками труб.

5. Необходимо развертывание инфраструктуры по реализации воды

- железнодорожный транспорт на таких ответвлениях, как Новокузнецк, Томск, Нижний Тагил, Ижевск и т.п. Только для ежедневного обеспечения водой г. Нижнего Тагила потребуется специальная «вертушка» на 3000 $м^3$ воды;

Трасса II

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Казань - Бинск				79 000	800 до 1,8 5,4	2 х 600 до 1,7
2	Ульяновск	180	600	3000	79 000		
3	Сызрань на Тольятти на Самару	310	2800	14000	76 000		
4	Саратов	650		7500	51 000	600 до 1,5 14,7	2 х 500 до 1,4
5	Волгоград -Калач-на-Дон	1050	1200	6000	43 500		
6	Белая Калитва	1350	4700	23500	37 500		
	на Луганск- 150 км на Донецк 150 км		в т.ч. 1700 3000			400 до 1,7	2 х 300 до 1,5
7	Шахты Ростов-на-Дону	1550	2800	14000	14000	400 до 1,2 2,7	2 х 300 до 1,2 5,4
	Итого стоимость					26,8	40,2

Трасса III

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сызрань				25000	450 до 10,0	2х350
2	Пенза	270	600	3000	25000		
3	Тамбов	570	300	1500	22000		
4	Липецк	710	500	2500	20500		
5	Воронеж	840	1200	6000	18000		
6	Белгород	1070	400	200	12000	350	2х250 3,6
7	Харьков		2000	10000			
Итого стоимость						12,4	21,6
Всего стоимость 3-х трасс						237,0	305,5

Млрд долл. 8,2 10,5

Трасса IV

п/п	Города	Расстояние, км	Расход воды $м^3$/сут	Диаметр трубы, мм. Стоимость строительства, млрд б.
1	Байкал		330000	2 х 1
2	Улан-Удэ	165		1 12,6
3	Кяхта (ганица)			12,6
4	Улан-Батор	700		
5	Чжанцзякоу			
6	Пекин		300000	
7	Тянцзинь за границ	2000		2 х 700 2,7
Итого стоимость				15,3

- автоцистерны для развоза воды по предприятиям, магазинам и павильонам;
- производство одноразовых и многоразовых спецемкостей для населения;
- оборудование павильонов для разлива воды и т.п.

При годовой реализации воды на 10 млрд долларов в проекте «Чистая вода» будет задействовано около 2 млн человек.

Очень перспективна трасса IV длиной всего 2000 км для обеспечения водой Китая, Кореи, Японии.

Объемы поставки воды по четырем трассам с суммарной производительностью 10 $м^3$/сек ни коим образом не повлияют на водный режим Байкала, т.к. сток воды по реке Ангара в среднем составляет 5100 $м^3$/сек. [1].

Для доставки предлагаемого объема воды только по России железнодорожным транспортом потребовалось бы ежедневно заливать водой 70 «вертушек», запускать их на Транссибирскую магистраль – это более 300 эшелонов с водой и столько же возвращать порожняком.

При покрытии внутренней поверхности труб серебром толщиной 0,01 мм потребуется серебра на трассы I, II, III:

Вариант I – 2880 тонн	510 млн
Вариант II – 4010 тонн	710 млн

Объем реализации воды, млрд руб./млрд долл. при цене

- по трассе I - по трассе II	182/6,3 39,6/1,4
- по трассе III	18/0 6
Итого	240/8,3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Галазий Г.И. Байкал в вопросах и ответах / Г. И. Галазий. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1987. 383 с.

УДК 628.1:628.2

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Иманов Ф.А., Мамедов В.Г.
Научно-исследовательский и проектный институт «Суканал»,
г. Баку, Республика Азербайджан
farda_imanov@mail.ru

Ключевые слова: водные ресурсы, водохранилища, каналы, водоснабжение, канализация, очистные сооружения, сточные воды

Обобщены данные по основным инженерным сооружениям, построенные с целью улучшения питьевого водоснабжения и канализации в Азербайджане после 2000 года. Приведены данные по водным ресурсам страны и об их использовании. Показано, что в результате водохозяйственного строительства наблюдается уменьшение годового стока рек. Отмечается, что для рационального использования речных вод страны объемы допустимых водозаборов должны быть нормированы и тем самым обеспечены величины экологического стока рек.

DEVELOPMENT OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS OF AZERBAIJAN AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

İmanov F.A., Mammadov V.G.
«Azersu» OJSC, «Sukanal» Scientific-Research and Design Institute, Baku, farda_imanov@mail.ru

Key words: water resources, reservoirs, canals, water supply, sewage, treatment facilities, wastewater.

The data on the main engineering structures, constructed to improve the drinking water supply and sewage in Azerbaijan after 2000, are summarized. The data on the country's water resources and their use are given. It is shown that as a result of hydraulic facilities construction, a decrease in the annual flow of rivers is observed. It is noted that for the rational use of the country's river waters, the volumes of permissible water intakes should be normalized and, thus, the ecological flow of the rivers should be provided.

ВВЕДЕНИЕ

С ростом численности населения, развитием промышленности и сельского хозяйства потребность в пресной воде резко возрастает. В последние десятилетия нехватка воды ощущается во многих регионах мира. Наблюдается количественное и качественное истощение водных ресурсов, что обусловливает рост заболеваемости населения, связанный с употреблением некачественных вод, приводит к сдерживанию развития водоемких отраслей экономики. В условиях преобладания засушливого климата, на более чем половине территории Азербайджана, ограниченности водных ресурсов и интенсификации развития сельского хозяйства – основной отрасли водопотребления в стране, это влияние еще более усилится. К тому же территория страны очень чувствительна климатическим изменениям. Поэтому для Азербайджана проблема водной безопасности, в частности обеспечения адекватно функционирующих систем водоснабжения и канализации во всех общинах, поддержка отраслей экономики, охрана рек и экосистем является очень актуальной. В настоящее время для решения этой проблемы осуществляются различные структурные и неструктурные методы. В данной статье основное внимание уделено инфраструктурным сооружениям питьевого водоснабжения и канализации в Азербайджане.

Водные ресурсы Азербайджана и их использование

Поверхностные водные ресурсы Азербайджана составляют 30,9 км^3 и их основная часть (66,7 %), то есть 20,6 км^3 приходится на долю трансграничных, а 33,3 % или же 10,3 км^3 – на долю местных рек [1]. Как видно из этих цифр, структура поверхностных водных ресурсов Азербайджана неблагоприятна. Если принять во внимание, что население Азербайджана составляет 10 млн [2], то на каждого жителя страны в год приходится 2060 м^3 трансграничных и 1030 м^3 местных речных вод.

Утвержденные запасы подземных вод составляют 4,38 км^3 [3].

Азербайджан в 2000 г. ратифицировал «Конвенцию по использованию и охране трансграничных вод и международных озер» и в 2002 г. присоединился к протоколу «Вода и Здоровье». В настоящее время Азербайджан строит свою политику по трансграничным водам с соседними странами на основе двусторонних договоров.

Как показывают исследования последних лет, годовой сток трансграничных и местных рек Азербайджана уменьшается. Годовой сток, самой крупной трансграничной реки не только Азербайджана, но и всего Южного Кавказа реки Куры с его притоком Аракс за период 1991–2016гг уменьшился по сравнению с условно-естественным стоком, на 467 м^3/с или на 54,7 %.

За период 1973–2010/2011 гг. по сравнению с периодом до 1972 г. годовой сток местных рек снизился на 15,9 % (1,642 км^3), что связано влиянием антропогенных факторов [4].

Происходят изменения и в сезонном стоке всех рек страны: зимний сток увеличивается, а весенний и летний уменьшается.

В период 2001–2017 гг. общий объем водозаборов из природных источников варьировал в пределах 10,0–12,8 км^3. Водозаборы из подземных источников составили 1,54–0,51 км^3 [2]. Основным потребителем воды является сельское хозяйство и в 2017 г. доля сельского хозяйства от объема водопользования составила 71,8 %, промышленности – 24,3 % и коммунально-бытового водоснабжения – 3,2 %.

Достаточно высоки потери воды в ирригационных каналах и системах водоснабжения. Эти потери составляют порядка 28,4 % от водозаборов (табл. 1). Основные потери воды происходят в сельском хозяйстве.

Табл. 1. Динамика водопользования в Азербайджане, км^3 [2]

Сектора экономики		2001 г.	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2013г.	2015 г.	2017 г.
Общий объем водозаборов из источников воды		10.0	12.0	11.6	11.8	12.5	12.3	12.8
Объемы водопользования		6.41	8.61	7.72	8.01	8.23	8.57	9.15
Сельское хозяйство		3.71	5.71	5.50	5.75	5.75	6.06	6.57
Промышленность		2.27	2.36	1.74	1.76	2.06	2.12	2.22
Коммунально-бытовые воды		0.41	0.52	0.40	0,40	0.31	0.32	0.29
Потери воды	км^3	3.60	3.46	3.85	3.77	4.28	3.72	3.63
	%	35,9	28.7	33.3	32.0	34.2	30,3	28.4

Общая площадь земель, пригодных для сельского хозяйства оценивается в 4,75 млн га. Из них 1,84 млн га составляют посевы, 2,68 млн га пастбища и 0,23 млн га многолетние травы. Все это составляет около 55 % общего земельного фонда страны. Площадь орошаемых земель составляет 1,45 млн га. Имеется потенциал для увеличения этой цифры до 1,60–1,65 млн га. В 2017 г. для орошения новых 10000 га земель на реке Кура были построены два водозаборные сооружения с общим расходом воды в 8 м^3/с.

Системы водоснабжения и канализации

История водоснабжения. В результате развития нефтяной промышленности и интенсивного роста населения в конце XIX и в начале XX века существующие системы водоснабжения не удовлетворяли потребность воды в г. Баку. В то время водоснабжение города осуществлялось в основном за счет колодцев и родников, а также несколькими небольшими водопроводами. Использовалась и привозная вода рек Куры и Волги. Функционировал небольшой опреснитель морской воды. Однако качество этих вод было низкой, а цена высокой.

Водопровод Шоллар–Баку, протяженностью 187 км, с производительностью 1,27 $м^3/с$ был введен в эксплуатацию в 1917 г. и является первым крупным инфраструктурным проектом в водном хозяйстве Азербайджана. Производительность этого источника, который бесперебойно обеспечивает г. Баку питьевой водой вот уже более 100 лет, практически не изменилась. В 1934–1958 гг., параллельно Баку-Шолларскому водопроводу, был построен Второй Бакинский водопровод, протяженностью 175 км и производительностью 2,73 $м^3/с$. Джейранбатанский комплекс очистных сооружений и магистральные водопроводы были введены в эксплуатацию в 1961–1978 гг. Общая производительность этих сооружений составляет 7,38 $м^3/с$. В комплекс очистных сооружений вода поступает из Джейранбатанского водохранилища. В 1969–1988 гг. в три этапа был построен Куринский комплекс очистных сооружений, протяженностью 142,5 км и производительностью 9,5 $м^3/с$.

Новые сооружения. Приоритетным направлением по рациональному использованию речных вод Азербайджана является строительство новых водохранилищ.

Строительство Вайхирского водохранилища (полный объем 100 млн $м^3$, полезный – 90 млн $м^3$) было начато еще в 1983 г. и завершилось в 2005 г. Из этого водохранилища берут начало три канала, и орошается около 16830 га земель. Водохранилище также используется в целях водоснабжения близлежащих населенных пунктов.

В 2013, 2014 и 2015 годах соответственно были сданы в эксплуатацию Тахтакёрпинское, Шамкирчайское и Товузчайское водохранилища. С учетом этих трех водохранилищ полный объем всех водохранилищ страны составил 22051 млн $м^3$ [4].

Самур-Абшеронский канал (САК) является одним из важнейших стратегических водохозяйственных сооружений в Азербайджане. Канал проложен от реки Самур, граничающей с Российской Федерацией (1940 г.), и в его конце было создано внерусловое Джейранбатанское водохранилище (1955 г.). SAK обеспечивает подачу питьевой воды в города Баку и Сумгаит, а также используется для орошения около 90 000 га фруктовых садов, виноградников и других сельскохозяйственных земель. В 1960 г. САК, протяженностью 182 км, был реконструктирован и его пропускная способность увеличена до 55 $м^3/с$ и затем еще на 25 $м^3/с$ за счет местных рек.

Ранее распределение воды реки Самур между Россией и Азербайджаном осуществлялось в соответствии с Протоколом Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР от 7 октября 1967 года. Согласно этому протоколу, от 1749 млн $м^3$ воды, соответствующей среднегодовому расходу воды 75 % обеспеченности 300 млн $м^3$ (17 %) забирала Дагестанская АР, 889,1 млн $м^3$ (50,8 %) Азербайджан и 559,9 млн $м^3$ (32,2 %) составляли экологические попуски ниже гидроузла.

В настоящее время распределение водных ресурсов реки Самур осуществляется в соответствии с Соглашением о сотрудничестве в области эффективного использования и охраны водных ресурсов трансграничной реки Самур, подписанным 3 сентября 2010 г. между Правительствами Азербайджанской Республики и Российской Федерации. Согласно этому Соглашению, 30.5% водных ресурсов реки Самур должны быть оставлены в реке для экологических целей, а остальная часть равномерно распределена между Азербайджаном и Дагестаном (34.75%). Это означает, что начиная с 2011 года, Азербайджан забирает из реки Самур примерно на 266 млн $м^3$ меньше воды, чем в предыдущие годы. Учитывая новую ситуацию, и для поддержания стабильного расхода воды в САК сток ряда местных рек (в среднем, 349,4 млн $м^3$) перенаправлены в Самур-Абшеронский канал и построено

Тахтакёрпинское водохранилище. Основным источником воды этого водохранилища является Самур-Абшеронский канал. Общий объем водохранилища составляет 268,9 млн $м^3$, а полезный объем – 218,9 млн $м^3$. Вода из этого водохранилища по новому каналу Тахтакёрпи – Джейранбатан поступает в Джейранбатанское водохранилище. На водохранилище Тахтакёрпи установлена гидроэлектростанция мощностью 25,0 мвт.

Реконструкция САК и строительство Тахтакёрпинского водохранилища оказали существенное влияние на годовой и весенний сток местных рек. Коэффициент использования годового стока этих рек колеблется в пределах 47–85 %. Величина экологического стока рек составляет 6,38–25,5 % от годового стока.

Воды Шамкирчайского водохранилища (полный объем 164,5 млн $м^3$, полезный –156,3 млн $м^3$) используются для улучшения ситуации с обеспечением ирригационной водой 50 тыс. га и освоения еще 20 тыс. га земель, а также для водоснабжения (1,6 $м^3/с$) городов Гянджа, Шамкир и др. населенных пунктов. На водохранилище установлена гидроэлектростанция мощностью 24.4 мвт.

Строителство Товузчайского водохранилища (полный объем 20 млн $м^3$, полезный – 18 млн $м^3$) было начато еще в 1986 г. и завершилось в 2015 г. Из этого водохранилища вода подается в правобережный канал Агстафачайского водохранилища и орошается 18465 га земель. Воды водохранилища используются также для водоснабжения ряда населенных пунктов.

В 2007–2010 гг. с целью обеспечения города Баку и Апшеронского полуострова качественной и бесперебойной питьевой водой был построен Водопровод Огуз-Габала-Баку, протяженностью 262,5 км и производительностью 5 $м^3/с$.

Джейранбатанский комплекс ультрафильтрационных очистных сооружений (производительность 6,6 $м^3/с$) был сдан в эксплуатацию в 2015 г. В 2016 г. на Глобальном водном саммите в г. Абу-Даби, это очистное сооружение было оценено как ценный вклад в мировую водную отрасль и включен в список четырех основных водных проектов года [5].

Для доставки воды, обрабатываемой в Джейранбатанском комплексе ультрафильтрационных очистных сооружений, в населенные пункты Апшеронского полуострова был проведен магистральный трубопровод Джейранбатан-Зира, протяженностью 84 км и вдоль магистральной трассы были построены 6 водохранилищ, общей емкостью 90 000 $м^3$. В результате ввода в эксплуатацию линии Джейранбатан-Зира было улучшено водоснабжение более 300 000 человек в поселках и селах пригорода Баку, а 90 000 человек впервые обеспечены питьевой водой в централизованном порядке.

В Азербайджане реализуются важные проекты по развитию канализационной инфраструктуры. Говсанское очистное сооружение – крупнейшее в стране, введено в эксплуатацию в 1986 г. Проектная мощность составляет 640 000 $м^3$/сутки. В последние годы в результате реконструкции, производительность Станции доведена до проектной мощности, автоматизирован процесс биологической очистки сточных вод.

Строительство очистных сооружений за последние 20 лет в городе Сумгайыт и в других населенных пунктах, расположенных на берегу Каспийского моря, позволили ежегодно сократить объем неочищенных сточных вод, сбрасываемых в Каспийское море на 300 000 $м^3$. В регионах страны введены в эксплуатацию еще 6 новых сооружений с биологической очисткой.

Подготовлен «Мастер План систем питьевого водоснабжения, канализации и ливневых вод Апшеронского полуострова» до 2035 г.

В 2016 г. утверждена «Дорожная карта стратегии развития коммунальных услуг в Республике Азербайджан». В этом документе особое внимание было уделено водному сектору, включая водоснабжение и управление сточными водами. Стратегическими целями этого документа являются «Создание структуры управления водными ресурсами высокого уровня» и «Сокращение потерь и обеспечение эффективности водоснабжения».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В XXI веке для улучшения питьевого водоснабжения и развития канализационных систем в Азербайджане построены новые водохранилища, современные очистные сооружения, проведены каналы и коллектора. Очевидно, что развитие инфраструктуры водного хозяйства должно осуществляться с учетом вопросов охраны водных ресурсов и обеспечения нормального функционирования водных экосистем. К сожалению, ниже водохранилищ и водозаборных сооружений объемы экологического стока не обеспечиваются и некоторые реки ниже водозаборов пересыхают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рустамов С.Г., Кашкай Р.М.* Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Баку. Элм, 1989. 184 с.
2. http: // www.stat.gov.az
3. *Алакбаров А.Б., Алиев Ф.Ш., Исрафилов Ю.Г. и др.* Геология Азербайджана. Т. VIII. Гидрогеология. Баку, Нафта-Пресс, 2008. 380 с.
4. *Иманов Ф.А.* Водные ресурсы и их использование в трансграничном бассейне р. Куры. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2016. 164 с.

УДК 574.633:574.587

ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА ЗООБЕНТОСА РЕК СЕВЕРА ЗАБАЙКАЛЬЯ

Казыкина С.М.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия
Rumkazsv@mail.ru

Ключевые слова: река, зообентос, таксон, численность, биомасса, хребет Удокан.

В работе представлены сведения о зообентосе северных рек, ранее неисследованного участка, расположенного на территории хребта Удокан в Каларском районе Забайкальского края. Исследования проведены на правых притоках р. Чара бассейна р. Лена. Приведены данные по составу, численности и биомассе зообентоса в пределах исследуемых участков водотоков.

ABUNDANCE AND BIOMASS OF THE TRANS –BAIKAL NORTH RIVERS' ZOOBENTHOS

Kazykina S.M.
Russian Research Institute for the Integrated Water Management and Protection Eastern Branch, Chita, Russia

Key words: river, zoobenthos, taxon, abundance, biomass.

The paper presents information on the zoobenthos of the northern rivers, a previously unexplored area, located on the territory of the Udokan ridge in the Kalar district of the Trans-Baikal Territory. The authors have conducted the studies at the Chara River right tributaries, the Lena River basin. The data on the composition, abundance and biomass of zoobenthos within the studied sections of watercourses are given.

ВВЕДЕНИЕ

Для характеристики функционирования и состояния пресноводных экосистем важное значение имеет структура, динамика и распределение водных сообществ. В российской и зарубежной литературе многими авторами подчеркивается необходимость фаунистических исследований состава и количественного распределения донных сообществ [1, 24, 27].

Гидробиологическая изученность рек севера Забайкальского края в целом невысокая. Материалом для настоящей работы послужили количественные и качественные пробы зообентоса, отобранные на реках Нирунгнакан, Левый Нирунгнакан, Наменга, Нижний Ингамакит, Эмигачи, ручьях Скользкий, Безымянный, Блуждающий, Неизвестный. Исследуемые реки и ручьи являются притоками р. Чара разного порядка расположенные в Каларском районе Забайкальского края и относящиеся к бассейну р. Лена. Большинство исследуемых водотоков являются малыми, все они неизученные.

Территория бассейна р. Лена играет ключевую роль в поддержании глобальных функций участков биосферы на территории РФ. Каларский район в Забайкальском крае представляет собой часть обширного и сложного по своему строению Станового нагорья – наиболее приподнятой части Байкальской страны, состоящей из группы высоких хребтов, вытянутых почти в широтном направлении от северной части Байкала до реки Олекмы и разделенных глубокими межгорными тектоническими котловинами. В местности чередуются горные хребты (самые высокие Кодар и Удокан), нагорье (Олекмо-Чарское и Патомское) и межгорные котловины (Муйская и Чарская впадины). На территории района расположено множество мелких озерков и больших (Малое Леприндо, Большое Леприндо, Леприндокан), самое глубокое озеро Ничатка и лечебное Арбакалир, а также множество рек

(к крупным рекам относятся Чара, Апсат, Витим, Конда, Сюльбан, Калар). Каларский район находится в зоне резко-континентального климата: зима очень холодная и затяжная, лето дождливое и короткое. Зима в районе длится в среднем 7 месяцев. На равнинах около поверхности – многолетняя мерзлота. Район приравнен к районам Крайнего севера [2].

В климатическом проявлении исследуемый район принадлежит муссонной области Тихоокеанского переноса. В холодный период года на территорию проникают сухие и охлажденные потоки континентального воздуха, оттекающие по восточной периферии азиатского антициклона, в результате чего зимы холодные и относительно малоснежные. Осадки зимнего периода составляют 10–20 % от годового их количества, преобладает ясная погода. Летом проявляется резко выраженное влияние тихоокеанских муссонов, обусловливающих частое выпадение дождей. Летние осадки в среднем составляют 500–600 мм (до 75 % от годовых). Выпадают они в виде ливней, ливневых и обложных дождей. Максимальные суточные суммы осадков в различных частях района изменяются от 100 до 120 мм/сут [8].

Средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет -7,5 °С. Среднемесячные температуры воздуха в ноябре–феврале отмечаются очень низкими – от -20 °С и ниже. Средние показатели температуры в январе от -28 °С до -34 °С. Характерной особенностью режима температуры воздуха является быстрое повышение средних месячных температур весной и быстрое их понижение осенью. В марте при сохранении довольно низких средних месячных температур воздуха (в среднем на уровне -1-15 °С) отмечено некоторое увеличение числа оттепелей, что ведет к более интенсивному переформированию снежного покрова [4]. В весенний период, начиная с апреля, наблюдается существенное повышение средних месячных температур воздуха, составившее для апреля 3,8 и для мая 1,9 °С. В результате происходит более интенсивное таяние снежного покрова днем с повторным замерзанием талой воды в моховом покрове и верхних слоях почво-грунтов в ночные сроки, что впоследствии отражается на процессах формирования весеннего половодья. Средние показатели температуры в июле от +14 °С до +20°С. Многолетние изменения месячных сумм атмосферных осадков выражены слабее, чем изменения температур воздуха. Характерной особенностью региона является неравномерное распределение осадков в течение года. В год на территории выпадает около 350–370 мм осадков в котловинах и 800–100 мм – в нагорьях и горах. В теплый период (апрель-сентябрь) выпадает до 80–90 % годовой суммы осадков при норме порядка 600 мм. Переход от снега к дождю происходит в течение одной-двух декад в апреле – мае, а обратный переход осуществляется обычно в конце сентября. На долю смешанных осадков приходится 5–7 % годовой суммы осадков. Снежный покров, появляясь в конце сентября – начале октября, сохраняется до начала мая. Продолжительность залегания снега 210–230 дней. Максимальный запас воды в снеге отмечается, как правило, в марте-апреле и сильно изменяется от года к году (от 42 до 160 мм). Крайне редкие и непродолжительные оттепели наблюдаются в марте-апреле.

Характерной особенностью водного режима и питания рек исследуемый район относится к смешанному типа питания: снеговое и дождевое. Для рек характерна значительная внутригодовая неравномерность стока с прохождением 70–85 % объема стока в весенний и летний периоды. Повсеместно отмечается резкое снижение стока в зимний период, вплоть до его прекращения в отдельных речных бассейнах в результате полного промерзания воды в руслах. На наледных реках отмечается тесная взаимосвязь речных и подземных вод [3].

Рассматриваемая территория находится преимущественно в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Талые горные породы – талики, под руслами рек, озер, на склонах южной экспозиции, высоких песчаных массивах занимают менее 5 % площади. В горных хребтах с отметками вершин выше 2500 м абсолютная температура грунтов у подошв слоя их годовых колебаний опускается до -8 ^{o}С, а мощность многолетнемерзлых пород достигает 900 м и более. У хребта Кодар температура грунтов у подошвы слоя их годовых колебаний на отметке 2100 м равна -10 ^{o}С. На водоразделах температура кровли многолетнемерзлых грунтов понижается до -11-12 ^{o}С при мощности

многолетнемерзлых пород порядка 1300 м. Температура на кровле мерзлоты в этих районах составляет -1-2 ^{o}C. Мерзлотные явления (вымораживание, солифлюкция) усиливают эрозионные процессы, что в совокупности с высокой интенсивностью процессов выветривания и денудации приводит к образованию значительного количества рыхлых отложений, из которых наиболее распространены элювиальные. Широкое распространение многолетней мерзлоты оказывает влияние на все природные процессы, в том числе на образование глееватых маломощных, грубых по механическому составу почв, с сильно укороченным почвенным профилем, большой щебенистостью и каменистостью всех генетических горизонтов. В условиях повсеместного распространения многолетнемерзлых пород резко выражено явление солифлюкции, проявляется избыточное увлажнение сезонно-талого слоя на участках с незначительными уклонами в теплый сезон года.

По характеру растительного покрова исследуемый район относится к зоне хвойных лесов. Среди них встречаются обширные участки, занятые сфагновыми бугристыми торфяниками, реже – вейниковыми болотами. Наиболее высокие части гор покрыты зарослями из кедрового стланика или заняты мохово-лишайниковыми тундрами (гольцами). В зоне хвойно-широколиственных лесов кроме хвойных пород деревьев широко распространены лиственные породы [18]. Для исследуемого района характерно замедление процесса разложения растительного опада и подстилки, образование полигонально-трещиноватого микрорельефа, термокарстовых впадин и воронок. Природно-климатические условия обусловливают формирование на территории маломощных горно-таежных мерзлотных оподзоленных почв, а также дерново-подзолистых с вкраплениями подзолисто-болотных почв. В горных районах встречаются горно-тундровые почвы [7]. Для сезонно-талого слоя почв характерны значительные щебенистость и каменистость всех горизонтов. Сезонное протаивание, как правило, невелико – от 0,15 до 2,5 м, причем величина его тесно связана с формой рельефа, экспозицией склонов, характером горных пород и почв, а также растительностью [17].

Территория севера Забайкальского края имеет важное стратегическое значение для РФ, так как район богат месторождениями полезных ископаемых: Апсатское месторождение каменного угля, Бурпалинское месторождение меди, Голевское месторождение сынныритов, Катугинское криолит-редкоземельно-редкометалльное месторождение, Китемяхтинская золотоносная россыпь, Олондинское месторождение лития, Удоканское месторождение меди, Чинейское месторождение железо-титан-ванадиевых и медных руд, Читкандинское месторождение каменного угля, Южно-Сулуматское месторождение железа и др. Имеются выходы термальных минеральных вод.

Водные объекты бассейна р. Лена исследовались участниками экспедиции Переселенческого управления в Якутии в июле–августе 1912 г., сотрудниками Якутского филиала СО АН СССР в 1948-1951 гг., и последующие годы [5, 6, 12, 13, 19, 20, 22, 23], а также сотрудниками Читинского Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН [10, 11, 14].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые сборы материала донных беспозвоночных проводились в летний период в августе 2013, 2014, 2015 гг. на реках Нирунгнакан на двух станциях: в районе поселка Удокан, выше водовода и выше по течению от села Новая Чара; Левый Нирунгнакан на одной станции в районе устья; Наменга на трех станциях: выше наледи, выше впадения ручья Скользкий, ниже слияния Левой и Правой Наменги; Нижний Ингамакит на трех станциях: выше объектов предприятия, выше наледи, точка Талая; Эмигачи на одной станции в районе железнодорожного моста; ручьях Скользкий на одной станции выше впадения в р. Наменга, Безымянный на двух станциях: ниже фабрики 29 км, 1 км выше впадения р. Нижний Ингамакит; Блуждающий на одной станции около железнодорожного моста, Неизвестный на одной станции в среднем течении. На каждой станции проводилось обследование прибрежной зоны створа наблюдения. Обследованные участки рек

представляют собой неглубокие участки с холодной водой, быстрым течением и каменистым, каменисто-галечным грунтами заполненными песком и растительностью. Участки ручьев в основном представляют заросшие, мелкогалечные грунты с заиленными песками, со слабым течением и растительными остатками.

Всего за период исследования было отобрано по 36 количественных и качественных проб. Сбор количественных проб проводился в местах отбора гидрохимических проб с использованием стандартных методов. Количественные пробы донных беспозвоночных отбирались на каменистом грунте стандартным бентометром Леванидова [15] с площадью захвата 0,16 м^2 в пяти повторностях, а также использовали метод Шредера-Жадина путем сбора организмов с камней и учета их площади [9, 26]. На илисто-песчаных грунтах пробы отбирались дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м^2 [16, 21]. Для качественных проб сбор донных организмов производился вручную с прибрежных камней и растительности по методу Шредера-Жадина без учета площади. Гидробиологические пробы фиксировали 4 % раствором формалина. Обработку проб производили счетным методом в камере Богорова. Выбранные животные подвергались разборке по систематическим группам до уровня класса или отряда, с последующим более детальным определением до уровня рода и вида.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2013 г. в результате исследования было выявлено 72 таксона разного систематического уровня, принадлежащих к 4 классам: Arachnidae (паукообразные), Clitellata (олигохеты), Insecta (насекомые). Общее число таксонов распределилось среди 8 отрядов, 21 семейств, 31 родов. Наибольшим видовым разнообразием отмечались отряды поденок (19 таксонов), состоящие из 4 семейств, 7 родов, 12 видов; отряд веснянок (14 таксонов) – 6 семейств, 8 родов, 2 видов; отряд ручейников (8 таксонов) – 4 семейства; и семейство хирономид (19 таксонов) – 8 родов, 13 видов. На всех станциях отбора проб встречались двукрылые семейства хирономид. Также часто отмечались отряды поденок и веснянок различных семейств. Малочисленными группами отмечались олигохеты, пауки, жуки, ногохвостки и перепончатокрылые. Наиболее часто на участках исследованных рек встречается литореофильный биоценоз с типичными представителями для данного комплекса. Это хирономиды родов Diamesa, Syndiamesa, Orthocladius, поденки родов Heptagenia и Baetis, веснянки семейств Chloroperlidae, Nemouridae.

Численность зообентоса на колебалась от 0,006 до 0,212 тыс. экз/м^2, биомасса – от 0,013 до 1,411 г/м^2 (табл. 1). Преобладающими по численности были отмечены хирономиды, по биомассе – поденки, веснянки, мошки. Максимальная численность отмечена на станции р. Нижний Гаманкит – выше объектов предприятия, где до 92 % составили личинки хирономид родов Diamesa, Prodiamesa, Orthocladius. Максимальная биомасса отмечена на станции р. Наменга – выше наледи, где до 96 % составила биомасса двукрылых семейства Simuliidae, крупных размеров.

Табл. 1. Показатели численности и биомассы в 2013 г.

Наименование станции отбора проб		Численность N, тыс. экз./м^2	Биомасса W, г/м^2
р. Левый Нерунгнакан	в районе устья	0,086	0,650
р. Нерунгнакан	в районе поселка Удокан, выше водовода	0,068	0,244
	100 м ниже железнодорожного моста	0,086	0,076
	на участке Западный, ниже шлагбаума	0,006	0,014
р. Наменга	выше наледи	0,148	1,411
р. Нижний Гаманкит	выше объектов предприятия	0,212	0,079
ручей Блуждающий	около железнодорожного моста	0,15	0,458

р. Нижний Ингамакит	выше наледи	0,034	0,181
	точка Талая	0,041	0,468
р. Эмигачи	в районе железнодорожного моста	0,044	0,130
ручей Безымянный	ниже фабрики 29 км	0,137	0,153
	1 км выше впадения р. Нижний Ингамакит	0,07	0,159
р. Ингамакит	ниже слияния Верхнего и Нижнего Ингамакита	0,079	0,641
ручей Неизвестный	в среднем течении	0,015	0,135

В результате исследования 2014 г. был выявлен 101 таксон разного систематического уровня, принадлежащих к 3 классам: Hirudinea, Clitellata, Insecta. Общее число таксонов распределилось среди 7 отрядов, 21 семейств, 44 родов. Наибольшим видовым разнообразием отмечались отряды поденок (11 таксонов), состоящие из 3 семейств, 4 родов, 6 видов; отряд веснянок (11 таксонов) – 4 семейства, 7 родов, 3 вида; отряд ручейников (12 таксонов) – 5 семейств; и семейство хирономид (31 таксон) – 4 подсемейства, 12 родов, 20 видов. На всех станциях отбора проб встречались двукрылые семейства хирономид, преимущественно подсемейства Diamesinae и перепончатокрылые. Также часто отмечались отряды поденок родов Heptagenia и Baetis и веснянок различных семейств.

Численность зообентоса на колебалась от 0,087 до 2,778 тыс. экз./м^2, биомасса – от 0,084 до 0,692 г/м^2 (табл. 2). В большинстве проб по численности лидируют хирономиды, по биомассе – поденки, веснянки, мошки. Значительная численность отмечена на станции р. Нирунгнакан выше по течению села Новая Чара, и в устье р. Левый Нирунгнакан, где до 96 % составили личинки хирономид родов Diamesa, Corynoneura, Cricotopus. Максимальная биомасса отмечена на станции устье р. Левый Нирунгнакан, где по весу 96 % составили хирономиды. Минимальная численность и биомасса наблюдались на станции р. Ингамакит в районе устья.

Табл. 2. Показатели численности и биомассы в 2014 г.

Наименование станции отбора проб		Численность N, тыс. экз./м^2	Биомасса W, г/м^2
р. Ингамакит	Устье	0,087	0,084
р. Нирунгнакан	в районе поселка Удокан	0,256	0,182
	выше по течению от села Новая Чара	2,778	0,316
р. Левый Нирунгнакан	Устье	1,319	0,692
р. Наменга	выше наледи	0,950	0,313
	выше впадения ручья Скользкий	0,225	0,252
	ниже слияния Левой и Правой Наменги	0,100	0,134
р. Нижний Ингамакит	выше объектов предприятия	1,063	0,481
	выше наледи	0,081	0,420
ручей Скользкий	выше впадения в р. Наменга	1,081	0,440
р. Эмигачи	в районе железнодорожного моста	0,763	0,124
ручей Безымянный	ниже фабрики 29 км	0,400	0,151

В 2015 г. результате исследования было выявлено 77 таксонов разного систематического уровня, принадлежавших к типу Nematoda и 4 классам: Arachnidae, Clitellata, Hirudinea, Insecta. Общее число таксонов распределилось среди 10 отрядов, 23 семейств, 37 родов, 46 видов. Наибольшим видовым разнообразием отмечались отряды поденок, состоящие из 4 семейств, 7 родов, 10 видов; отряд веснянок – 4 семейства, 5 родов; отряд ручейников – 5 семейств; отряд двукрылых – 4 семейства, среди которых наибольшим разнообразием отмечено семейство хирономид – 17 родов, 26 видов. На всех станциях отбора проб встречались двукрылые семейства хирономид родов Diamesa, Syndiamesa, Orthocladius. Также часто отмечались отряды

поденок родов Heptagenia и Baetis, и веснянок семейств Chloroperlidae, Nemouridae, из отряда двукрылых – мошки. Малочисленными группами отмечались нематоды, олигохеты, пиявки, пауки, жуки, клопы, ногохвостки, вислокрылки.

Численность зообентоса на колебалась от 0,102 до 1,778 тыс. экз./м^2, биомасса – от 0,097 до 0,658 г/м^2 (табл. 3). По численности во многих пробах лидируют хирономиды, по биомассе – поденки, веснянки, мошки. Значительная численность отмечена на станции р. Нирунгнакан – выше по течению от с. Новая Чара, где большую часть составили личинки хирономид родов Diamesa, Orthocladius, Corynoneura. Максимальная биомасса отмечена на станции р. Левый Нирунгнакан – в районе устья, где большую биомассу составили двукрылые семейства Simuliidae, крупных размеров.

Табл. 3. Показатели численности и биомассы в 2015 г.

Наименование станции отбора проб		Численность N, тыс. экз./м^2	Биомасса W, г/м^2
р. Левый Нирунгнакан	в районе устья	1,02	0,658
р. Нирунгнакан	выше по течению с. Новая Чара	1,778	0,520
	в районе поселка Удокан, выше водовода	0,568	0,245
р. Наменга	перед впадением в ручей Скользкий	0,240	0,352
	выше наледи	0,415	0,118
р. Нижний Ингамакит	выше объектов предприятия	1,253	0,456
	выше наледи	0,300	0,356
р. Эмигачи	в районе железнодорожного моста	0,763	0,124
ручей Безымянный	ниже фабрики 29 км	0,820	0,242
р. Ингамакит	устье	0,102	0,097
ручей Скользкий	перед р. Наменга	1,130	0,531

Таким образом, в бентофауне исследуемых рек за 2013, 2014, 2015 гг. было выявлено 135 таксонов разного систематического уровня, принадлежавших к типу Nematoda и к 4 классам: Hirudinea, Clitellata, Arachnidae, Insecta. Наиболее разнообразно представлен класс насекомых, среди которых отмечено девять отрядов: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Heteroptera, Colembola, Megaloptera и Diptera. В бентофауне исследованных водотоков отмечены космополиты, голарктические и палеарктические виды, Европейские и Восточно-Сибирские. Наибольшее количество видов зообентоса представлено широко распространенными эврибионтами, а также стенотермно-холодолюбивыми видами. В целом для исследованных участков рек характерно доминирование во всех точках отбора личинок хирономид, далее за ними следуют личинки веснянок и прочие амфибиотические насекомые. Личинки хирономид встречались преимущественно подсемейств Orthocladiinae и Diamesinae, достигая до нескольких сотен экземпляров на 1 м^2, при этом они преобладали над всеми другими донными организмами. В связи с этим можно отметить, что их массовое развитие оказывает благоприятные условия как ценный кормовой объект для бентосоядных водных организмов и как важный элемент, участвующий в процессах самоочищения водотоков.

Известно, что для каждого типа грунтов характерны свои доминирующие виды и сообщества донных беспозвоночных. Различия в составе и количественном развитии организмов зообентоса на тех или иных участках рек зависят от характера грунта и скорости течения. Каменистые биотопы заселены наиболее разнообразными сообществами, чем песчаные или илисто-песчаные биотопы [25]. Наиболее часто на участках исследованных рек встречается литореофильный биоценоз с типичными представителями для данного комплекса.

Численность зообентоса исследуемых водотоков изменялась от 0,006 до 2,778 тыс. экз/м^2, биомасса – от 0,014 до 1,411 г/м^2. На участке реки Нижний Ингамакит на станции

выше объектов предприятия во все года исследований были отмечены высокие показатели численности и биомассы, наименьшие показатели отмечались на р. Ингамакит.

В результате оценки проведенных исследований было отмечено функциональная устойчивость личинок хирономид. Среди всего донного населения за исследуемый период хирономиды являлись базовой составляющей бентофауны. По литературным данным хирономиды являются потенциальными показателями состояния водотоков и хорошо идентифицируют антропогенное воздействие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алимов А.Ф., Финогенова П.Н.* Количественная оценка роли сообществ донных животных в процессах самоочищения пресноводных водоемов // Гидробиологические основы самоочищения вод. Л., 1976. 243 с.
2. *Василенко Н.Г.* Водный баланс малых речных водосборов района многолетней мерзлоты // Труды ГГИ. 1980. Вып. 275. С. 11–32.
3. *Василенко Н.Г.* Гидрология рек зона БАМ: Экспедиционные исследования. СПб: Нестор-История, 2013. 672 с.
4. *Василенко Н.Г., Журавин С.А., Банщикова Л.С.* Экспериментальные исследования тепловлагооборота водосборов Южной горной тайги Восточной Сибири в свете текущих изменений климата // Сборник работ по гидрологии. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. № 26. С. 79–94.
5. *Габышев В.А.* Водоросли планктона реки Лены в зоне влияния г. Якутска: автореф. дис…. канд. биол. наук. Новосибирск, 1999. 16 с.
6. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири: Монография. Новосибирск: Изд-во АНС «СибАК», 2018. 414 с.
7. *Добровольский В.В.* География почв с основами почвоведения. М.: Просвещение, 1976. С. 287–375.
8. Климатические особенности зоны БАМ // Труды лимнологического института. Новосибирск: Наука, 1979. Т. 30 (51). 144 с.
9. *Жадин В.И.* Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа. 1960. 191 с.
10. *Клишко О.К.* Фенотипические различия полихет Manayunkia baicalensis N. из водоемов бассейнов рек Лены и Амура // Доклады РАН. 1994. Т. 335. № 1. С. 116–117.
11. *Клишко О.К.* Зообентос озер Забайкалья. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2001. 209 с.
12. *Комаренко Л.Е.* Характеристика флоры водорослей и зоопланктона водоемов бассейна среднего течения р. Лены: труды ин–та биологии ЯФ Сиб. отд. АН СССР. Якутск: Изд. ЯФ СО АН СССР, 1956. Вып. 2. С. 145–212.
13. *Комаренко Л.Е.* Гидробиологическая изученность пресных водоемов Якутии // Основные итоги биологических исследований в Якутской АССР. Якутск: Изд–во ЯНЦ СО АН СССР, 1967. С. 65–70.
14. *Кривенкова И.Ф., Шевелева Н.Г., Евстигнеева Т.Д.* Зоопланктон в водотоках бассейна реки Чара на территории хребта Удокан (Каларский район Забайкальского края) // Ученые записки ЗабГГПУ. 2012. № 1 (42). С. 51–58.
15. *Леванидов В.Я.* Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 126–158.
16. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зообентос и его продукция. Л.: ГосНИОРХ. 1984. 53 с.
17. *Некрасов И.В., Климовский И.В.* Вечная мерзлота зоны БАМ. Новосибирск: Наука, 1978. 120 с.

18. *Панарин И.И., Митрофанов Д.П., Исаева Л.И.* Горные леса зоны БАМ. Новосибирск: Наука, 1980. 221 с.
19. *Ремигайло П.А.* Альгофлора водоемов некоторых участков Нижней Лены // Биологические проблемы Севера: тез. докл. IX симпозиума. Якутск, 1986. Вып. 2. С. 51–52.
20. *Рожкова Н.А.* и др. Разнообразие фауны озер Куандо-Чарской системы // Устойчивое развитие: проблемы охраняемых территорий и традиционное природопользование в Байкальском регионе. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1999. С. 121–125.
21. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.
22. *Серкина Р.А.* Планктон и бентос р. Лены и ее приморских участков // Труды Якутского отд. Сиб. НИИ рыбн. хозяйства. 1969. Вып. 3. С. 118–196.
23. *Скворцов Б.В.* Материалы по флоре водорослей Азиатской России // Журн. Русского ботан. общества. 1917. № 11. С. 10–12.
24. *Яковлев В.А.* Количественная оценка влияния антропогенных факторов на формирование донных биоценозов субарктического водоема // Антропогенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. Апатиты, 1988. С. 121–140.
25. Экологический мониторинг [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://library.fentu.ru/book/iise/61/71.html.
26. *Schräder Sh.* Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Ufertierwelt fließender Gewässer, zugleich fischereibiologische Untersuchungen im Wesergebiet // Z. Fischerei. Bd 30. 1932. S. 105–127.
27. *Reice S.R., Wohlenberg M.* Monitoring freshwater benthic mecroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem heals // Freshwater biomonitoring and benthic mecroinvertebrates. New Yok London, 1992.

УДК 502.656

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТА НА ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБОЛ

Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Тастемирова Б.Е.
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
z-mustafa@rambler.ru

Ключевые слова: река, вода, гидрология, расход, сток, осадки, температура воздуха, обеспеченность.

На основе многолетних информационно-аналитических материалов (1931-2007 годах) РГП «Казгидромет» и ГГИ (Государственный гидрологический институт) Российской Федерации определены параметры кривых обеспеченностей годовых стоков в водосборах бассейна реки Тобол и внутригодовое распределение стока в водосборах бассейна реки Тобол, то есть средняя годовая норма стока. Характер внутригодового распределения стока бассейна реки Тобол относительно однообразен, что объясняется их одинаковым питанием преимущественно снеговыми водами и небольшим вилянием на водный режим факторов естественного регулирования стока. Основная часть годового стока (60–95 %) формируется в весенний период. Наиболее маловодным является зимний сезон (декабрь–март), на который приходится 5–8 %, а в отдельные годы 15 % годового объема стока.

ESTIMATION OF THE CLIMATE IMPACT ON FORMATION OF THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE TOBYL RIVER BASIN

Kozykeyeva A. T., Mustafayev Zh. S., Tastemirova B. E.
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Key words: river, water, hydrology, flow, runoff, precipitation, air temperature, probability.

Based on many-year information and analytical materials (1931–2007), the RSE Kazgidromet and the State Hydrological Institute of the Russian Federation have determined the parameters of the annual discharge flow curves in the catchment areas of the Tobyl River basin and the annual flow distribution in the Tobyl Basin watersheds, that is, the average annual flow rate.The character of the intra-annual distribution of the flow of the Tobyl River basin is relatively monotonous, that is explained by their identical feeding mainly with snow-melt waters and slight influence of natural flow regulation factors on the water regime. The main part of the annual runoff (60-95%) is formed in the spring. The low-water season is winter (December-March), which accounts for 5-8%, and in some years 15% of the annual flow.

Введение. Развитие экономики Республики Казахстан во многом зависит от обеспеченности страны водными ресурсами. Ресурсы поверхностных вод в Казахстане в средний по водности год составляют 100,5 км^3, из которых только 56,5 км^3 формируется на территории республики. Остальной объем 44,0 км^3 поступает из сопредельных государств: Китая – 18,9 км^3; Узбекистана – 14,6 км^3; России – 7,5 км^3; Республики Киргизстан – 3,0 км^3. Водообеспеченность отраслей экономики в Северном Казахстане во многом зависит от формирования водных ресурсов в пределах Российской Федерации. Современное развитие науки и техники предполагает наличие комплексного подхода к решению многих проблем в области сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек. При изучении водных объектов трансграничных рек такой подход в большинстве случаев невозможен без учета их полного гидрологического цикла, численным выражением которого служит гидрологический режим формирования стока реки. Именно на основе изучения гидрологического режима стока реки возможно комплексное и рациональное использование водных ресурсов Северного Казахстана в водосборах бассейна реки Тобол. В полной мере

это относится и к изучению речных водосборов, где наглядно проявляется все многообразие и сложность природных связей.

Методика исследований. Река Тобол относится к бассейну Карского моря, берет начало на восточных отрогах Южного Урала в 10 км к юго-западу от села Саржан, впадает в реку Иртыш с левого берега у города Тобольска. Длина – 1591 км, площадь бассейна – 395 тыс. км^2. В пределах Костанайской области расположено только верхнее течение реки, протяженностью 682 км и часть ее водосбора площадью 121 тыс. км^2. Река Тобол на большей своей части имеет постоянный сток [1].

Река Тобол протекает по территории двух государств – Республики Казахстан (Костанайской области) и нескольким областям Российской Федерации. Российско-Казахстанской трансграничной территорией бассейна реки Тобол считается часть бассейна, расположенная в Костанайской, Челябинской и Курганской областях до створа г. Кургана.

Тобол берет начало в Оренбургской области, далее с запада в него вливается приток Джелкуар, образующий из двух рек – Синташты и Берсуат, формирующийся на территории Челябинской области. Следующим крупным притоком являются реки Аят и Уй. Их верховья находятся в Челябинской области, а низовья принадлежат Казахстану. По рекам Уй, Тугузак и Тобол проходит часть границы между Россией и Казахстаном. Тобол впадает в реку с левого берега возле города Тобольска. Река Аят образуется слиянием рек Караталы – Аят и Арчаглы–Аят, большая часть водосборной площади расположена в Челябинской области. Река Уй впадает в реку Тобол слева, большая часть водосборной площади расположена в Челябинской области. Река Убаган протекает по территории Костанайской области, берет начало от небольшого пресного озера Коктал и впадает в реку Тобол справа на 902 км от его устья и в 10 км выше села Звериноголовское. Река является единственным правобережным притоком реки Тобол и второй по длине рекой, протекающей по северной половине Костанайской области [2].

Бассейн Тобола расположен в глубине материка и удален от океанов и морей. Вследствие отсутствия на севере и юге высоких естественных барьеров территория доступна для перемещения теплого сухого субтропического воздуха пустынь Казахстана и Средней Азии и холодного, бедного влагой арктического воздуха, перемещающихся в меридиональном направлении. Климат рассматриваемой территории резко континентален.

Средняя годовая температура воздуха на рассматриваемой территории колеблется на севере от 1,2 °С до 4,4 °С на юге. Зима характеризуется довольно устойчивой морозной погодой. Средняя температура самого холодного воздуха месяца января -16-17 °С, а в данной части -14-16 °С. Абсолютный минимум в отдельные годы достигает -47 °С. Летом преобладает жаркая погода. Наиболее теплый месяц – июль, средняя месячная температура которого изменяется от 20 °С на севере до 24 °С на юге территории. Абсолютный максимум достигает в отдельные годы 45 °С на юге бассейна.

Среднее годовое количество осадков колеблется от 350 мм на севере, до 216 мм на юге. Большая часть осадков – 70-80 % годовой суммы выпадает в теплый период – с июля по октябрь [5].

Сухость климата в сочетании с общим преобладанием равнинного рельефа создали своеобразный гидрографический облик территории: развитие речной сети преимущественно на повышенных ее участках и сосредоточение большого количества водосточных озер на низких плоских пространствах.

В бассейне Тобола насчитывается около 142 водотоков длиной более 10 км, причем более половины из них представляют временные водотоки протяженностью до 20 км. Ровно длиной свыше 100 км – 5, а свыше 500 км – всего одна. Речная сеть принадлежит бассейну река Тобол и бессточному междуречью Тобол – Тургай. Густота речной и овражной – валочной сети в среднем составляет 6–7 км на 100 км^2.

Междуречье Тобол – Тургай характеризуется слаборазвитой сетью, то есть здесь протекают две более или менее значительные реки – Тюнтюгур и Наурзу-Карасу. Основная гидрографическая сеть представлена временными водотоками, в верхних участках которых летом русло сухое и только в низовьях – отдельные плесы [5].

В период с 1959 по 1971 годы на реке Тобол создан склад водохранилищ, значительно изменивший гидрологический режим реки. В бассейне имеется много искусственных водоемов (водохранилищ, прудов, пруда – копаней) в основном небольших размеров. Сравнительно крупными водохранилищами является Каратомарское (1966 г.) и Верхне-Тобольское (1971 г.), построенные на реке Тобол. Верхне-Тобольское водохранилище является наиболее крупным по объему регулятором стока реки Тобол, подпитки нижерасположенного Каратомарского и других водохранилищ. Каратомарское водохранилище расположено ниже по течению реки Тобол от Верхне-Тобольского водохранилища. Оно регулирует сток реки Тобол и его приток – реку Аят [5].

Результаты исследований. На основе многолетних информационно-аналитических материалов (1931–2007 годах) РГП «Казгидромет» и Государственным гидрологическим институтом Российской Федерации определены параметры кривых обеспеченностей годовых стоков в водосборах бассейна реки Тобол (таблица 1) [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12].

Табл. 1. Среднегодовой сток рек в водосборах бассейна реки Тобол, $м^3/с$

Река – пункт	C_v	C_s	Расходы воды различной обеспеченности, %				
			10	25	50	75	95
Тобол-село Дзержинского	1,30	2,60	4,40	2,34	0,89	0,24	0,014
Тобол-село Гришенка	1,27	2,60	18,50	9,93	3,88	1,18	0,23
Тобол-поселок Придорожный	1,27	2,60	19,0	10,2	3,98	1,21	0,23
Тобол-село Новоильиновка	1,27	2,60	25,00	13,50	5,27	1,61	0,31
Тобол-поселок Каратомарский	1,27	2,60	29,20	15,60	6,10	1,86	0,36
Тобол-село Сергеевское	1,25	2,60	31,70	17,00	6,77	2,21	0,58
Тобол-город Костанай	1,25	2,60	33,40	17,9	7,15	2,33	0,62
Желкуар-село Маринское	1,05	2,10	4,87	2,90	1,37	0,55	0,083
Аят-село Варваринка	1,04	2,50	15,90	9,16	4,37	2,19	1,25
Тогузак-станция Тогузак	0,94	2,30	0,85	0,50	0,24	0,095	0,015

Обеспеченные величины годового стока в водосборах бассейна реки Тобол определены по кривым обеспеченности стока, построенным по вычисленным значениям нормы и коэффициентов вариации годового стока, установленным по данным наблюдений 1931–2007 годах [13]. Третий параметр стока – коэффициент асимметрии определен по степени соответствия данных наблюденной теоретической кривой обеспеченности [8]. Анализ данных показал, что в водосборах бассейна реки Тобол соотношение C_s / C_v колеблется от 2,15 до 2,30.

Внутригодовое распределение стока в водосборе бассейна реки Тобол, то есть средняя годовая норма стока, приведено в таблице 2.

Табл. 2. Внутригодовое распределение стока в водосборах бассейна реки Тобол ($м^3/с$)

Месяцы	Гидрологические посты в водосборе бассейна реки Тобол				
	Тобол-село Гришенка	Тобол-город Костанай	Желкуар-село Маринское	Аят-село Варваринка	Тогузак-станция Тогузак
I	0,007	0,086	0,010	0,027	0,002
II	0,002	0,070	0,004	0,020	0,002
III	0,001	0,053	0,001	0,047	0,001
IV	3,372	4,118	0,001	3,116	0,172
V	0,277	1,094	1,171	0,377	0,021
VI	0,077	0,347	0,099	0,151	0,008
VII	0,009	0,291	0,036	0,106	0,006
VIII	0,004	0,173	0,015	0,076	0,004
IX	0,005	0,273	0,009	0,096	0,004
X	0,081	0,330	0,008	0,140	0,008
XI	0,031	0,183	0,012	0,136	0,007
XII	0,014	0,128	0,022	0,079	0,004

Характер внутригодового распределения стока бассейна реки Тобол относительно однообразен, что объясняется одинаковым питанием преимущественно снеговыми водами и небольшим вилянием на водный режим факторов естественного регулирования стока. В водосборе бассейна реки Тобол неравномерное распределение стока в течение года. Основная часть годового стока формируются, то есть 60–95 % в весенний период. Наиболее маловодным является зимний сезон (декабрь-март), на который приходится 5–8 %, а в отдельные годы 15 % годового объема стока.

Водосбор бассейна реки Тобол расположен в глубине материка и удален от океанов и морей, а также вследствие отсутствия на севере и юге высоких естественных барьеров территория доступна для перемещения теплового сухого субтропического воздуха пустынь Казахстана и Средней Азии и холодного, бедного влагой арктического воздуха, перемещающихся в меридиональном направлении [9]. Поэтому средняя годовая температура воздуха на рассматриваемой территории колеблется на севере от 1,2 ^{o}C до 4,4 ^{o}C на юге (табл. 3).

Антициклональный характер погоды обуславливает холодную и суровую зиму со средней температурой самого холодного месяца от -17°С, -18°С до -21°С. Вследствие радиационного выхолаживания отдельные понижения температуры могут достигать -50 -54° С [13]. Весна – самый короткий сезон в году. Вегетационный период, со средней суточной температурой выше 5 °С, начинается в последних числах апреля – в первой неделе мая. Заморозки продолжаются до конца мая, а местами до июня.

В летнее время развиваются процессы трансформации воздушных масс, притекающих из Арктики в континентальный умеренный или тропический воздух. Эти процессы определяют очень теплое, жаркое лето со среднесуточной температурой +18 +19°С и максимальными до +38 +39°С. Но при этом бывают отдельные понижения температуры, которые приводят к заморозкам на почвах. Длительность безморозного периода составляет 110–115 дней. Вегетационный период кончается в первых числах октября. Его длительность составляет 150–155 дней.

Табл. 3. Климатические условия водосбора бассейна реки Тобол

Месяцы	Метеорологические станции							
	Житикара		Тобол		Рудный		Костанай	
	$t^{o}C$	O_c, мм	$t^{o}C$	O_c, мм	$t^{o}C$	O_c, мм	$t^{o}C$	O_c, мм
I	-17,7	34,0	-16,6	17,0	-16,3	17,0	-16,2	18,0
II	-16,5	30,0	-15,9	13,0	-15,7	12,0	-15,7	12,0
III	-10,6	34,0	-8,7	13,0	-8,4	12,0	-8,5	12,0
IV	1,6	19,0	5,4	22,0	5,5	22,0	5,4	22,0
V	13,2	20,0	14,1	29,0	14,2	29,0	14,2	30,0
VI	18,4	32,0	19,4	40,0	19,6	40,0	19,4	41,0
VII	20,6	43,0	21,2	53,0	21,5	54,0	21,3	56,0
VIII	18,4	40,0	18,6	35,0	18,8	35,0	18,5	36,0
IX	11,8	24,0	13,0	27,0	13,2	27,0	13,0	28,0
X	2,8	35,0	3,8	29,0	4,0	29,0	3,9	29,0
XI	-6,7	29,0	-5,8	23,0	-5,6	24,0	-5,8	24,0
XII	-14,3	29,0	-12,8	22,0	-12,6	22,0	-12,6	22,0
Годовые	1,80	369,0	2,97	323,0	3,18	323,0	2,75	330,0

В среднем годовая сумма осадков на территории водосбора бассейна река Тобол составляет 385–463 мм. Распределение осадков по месяцам характерно для континентального климата. Наименьшее количество выпадает с января по март – 13–19 мм. Сумма осадков постепенно увеличивается. Максимальное количество выпадает июле – 66–77 мм, затем опять идет спад.

Таким образом, сравнительный анализ формирования речного стока в водосборе бассейна реки Тобол и внутригодовое распределение атмосферных осадков и

среднемесячная температура воздуха показывают, что с проявлением положительной температуры воздуха начинаются таяния снегов, которые оказывают влияние на гидрологический режим стока, то есть в апреле-мае наблюдается самый максимальный сток в реке Тобол и в его притоках Желкуар, Аят и Тогузак.

Таким образом, формирование стока в водосборах бассейна реки Тобол во многом зависит от климатических условий года, что необходимо учитывать при разработке комплексного использования водных ресурсов для отраслей экономики региона. При этом для рационального и эффективного использования в водосборе бассейна реки Тобол в отраслях экономики региона возникает необходимость регулирования и управления гидрологическим режимом поверхностного стока, что может водохозяйственная безопасность водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дейнека В.К.* Река Тобол в Казахстане. Костанай, 2010. 332 с.
2. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель: Кустанайская область. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. 615 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг.): Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан, Верхний Иртыш, Верхний Ишим, Верхный Тобол. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. Т. 15. Вып. 2. 384 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг.): бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. Т. 15. Вып. 2. 294 с.
5. Водные Ресурсы Казахстана. Оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Кн. 1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстан. Алматы, 2012. Т. VII. 684 с.
6. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (1976-1980 гг). Казахская ССР. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. Т. 5. Вып. 1. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 468 с.
7. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (1981–1990 гг). Кн. 1. Ч. 1. Реки и каналы. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 468 с.
8. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (1991-2000 гг). Кн. 1. Ч. 1. Реки и каналы. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола (верхнее течение). Алматы, 2004. 191 с.
9. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2002 г. Алматы, 2003. Ч. 1. Река и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып.1. Бассейн реки Иртыш. 109 с.
10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, 2003 г. Алматы, 2004. Ч. 1. Река и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 1. Бассейн реки Иртыш. 116 с.
11. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2004 г. Алматы, 2005. Ч. 1. Река и каналы. Ч. 2 Озера и водохранилища. Вып. 1. Бассейн реки Иртыш. 105 с.
12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2005 г. Алматы, 2006. Ч. 1. Река и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 1. Бассейн реки Иртыш. 129 с.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 13. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 18. КазССР. Кн. 2. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 445 с.

УДК 502/504

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЕК И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ В ФИНЛЯНДИИ

Кольонен С., Йормола Ю.
Финляндский институт окружающей среды, Центр пресной воды,
г. Хельсинки, Финляндия

Ключевые слова: деградация рек, гидроэлектроэнергия, разведение рыбы, миграция рыбы.

Основные причины деградации рек в Финляндии связаны с производством гидроэлектроэнергии и сплавом леса. Плотины гидроэлектростанций модифицируют длинные участки рек, препятствуя миграции рыб. На большинстве рек столетья назад были проведены дноуглубительные работы для сплава леса (спрямление русла и уборка камней), что повредило естественные места обитания лососевых рыб, в частности, атлантического лосося (Salmo salar L.) и ручьевой форели (Salmo trutta L.). Многие популяции вымерли. В настоящее время после улучшения очистки сточных вод (точечные источники), лесное хозяйство и дренаж с сельскохозяйственных угодий все еще влияют на качество вод во многих реках. С экологической точки зрения, 35 % рек в Финляндии квалифицируются как находящиеся классом ниже, чем «в хорошем состоянии», поэтому требуется принятие мер для улучшения этого положения.

RIVER RESTORATION AND ECOLOGICAL COMPENSATION IN FINLAND

Koljonen S., Jormola J.
Finnish Environment Institute, Freshwater Centre, Helsinki, Finland.

Key words: degradation of rivers, hydro electric power, fish-breeding, fish migration.

The major causes for river degradation in Finland have been hydropower production and timber floating. Hydropower dams modify long river sections, preventing fish migration. Most of the rivers were dredged hundred years ago for timber floating (straightened and stones were removed) this action damaged suitable riverine habitat of salmonid fish, especially Atlantic salmon (Salmo salar L.) and brown trout (Salmo trutta L.) and many populations were extinct. Nowadays, after improving waste water treatment (point sources), forestry and agricultural drainage still impact water quality in many rivers. Ecologically 35% of the rivers in Finland are qualified being in less than good state and measures to improve the state are needed.

Хотя гидроэнергетика и позиционируется как положительная в отношении парниковых газов, нейтральная в смысле CO_2, строительство плотин и регулирование русел оказывают большое экологическое воздействие на водные экосистемы. Требование экологических потоков на сухие участки рек выглядит многообещающей мерой, которая также может увеличить размеры подходящих мест обитания для многих видов. На больших реках гидроэлектростанции редко содержат в себе рыбоходы, блокируя эти потоки на короткие отрезки более озерных, нежели проточных мест обитания. Но даже несмотря на то, что связность рек может быть восстановлена рыбоходами, все равно во многих случаях наблюдается критический недостаток подходящих нерестилищ и мест для разведения рыбы. Традиционно для таких сильных пловцов как лосось и форель строятся технические рыбоходы. Исследования фокусировались на способностях видов находить вход, плыть вверх по течению и на времени, которое они затрачивают на проход по этой конструкции. Миграция вниз по течению все еще оставляет много вызовов, на которые нет ответа.

Многие из описанных проблематичных вызовов могли бы быть сняты устройством похожих на природные обходных каналов. Такой тип рыбоходов в сочетании с компенсирующими местами обитания строится так, чтобы напоминать природную боковую протоку с соответствующей подложкой, скоростью воды, морфологией и наклоном. Такие

каналы обычно состоят или из последовательности заводей и порогов или представляют собой непрерывное место обитания с течением и порогами. Чтобы сделать каналы проходимыми для всех видов и фаз жизни, а также увеличить площадь и повысить качество мест обитания, наклон канала должен быть ограничен. Кроме выполнения функции рыбохода, эти каналы могут служить компенсирующими местами обитания. Сильно модифицированные водотоки (например, с несколькими плотинами гидроэлектростанций) представляют собой почти непроходимые пути к расположенным в верховьях природным местам обитания. Строительство таких обходных путей для минимизации утраты мест обитания может быть критически важным для многих видов.

На национальном уровне в Финляндии правительство реализует финскую стратегию пропуска рыб, направленную на улучшение природного жизненного цикла и воспроизводства лососевых. После того, как сплав леса был приостановлен в 1980 гг., началось массивное применение различных способов возвращения экосистем и мест обитания проходным видам рыб. Утрата экономически важных популяций лососевых до настоящего времени в основном компенсировалась зарыблением. Цель этих акций – создание возможностей коммерческого рыболовства в районе Балтийского моря. Имеется нарастающее количество свидетельств того, что искусственно разводимая рыба с инкубаторных станций может создавать нежелательные генетические и экологические последствия для популяций дикой рыбы, что приведет к низкой производительности. То есть, лучше вместо этого развивать естественное воспроизводство.

Также имеется тенденция к устранению плотин по мере того, как небольшие гидроэлектростанции сейчас больше не развиваются. Они не производят энергию для краткосрочного регулирования, часто являются технически устарелыми и их значимость для национальной экономики невелика. Проекты по уборке плотин недавно стали снова возобновляться в Финляндии, когда города (такие, как Вантаа и Йиваскиля) отдали приоритет свободно текущим водотокам как важному элементу городской среды. На международном уровне проекты по ликвидации плотин в своей направленности перешли от малых плотин к большим, благосостояние же экосистем при этом учитывается в большей степени. Будучи столь многочисленными, малые плотины и водопропускные трубы представляют собой главные препятствия для миграции, к которым сейчас прилагаются все усилия. Устранение плотин – это наилучшая возможность для восстановления экосистем. Во многих случаях устранение препятствия не реалистично и тогда вторым наилучшим решением является естественный канал в качестве обходного (с потенциалом превращения в подходящее место обитания).

Потенциал компенсации места обитания в построенном канале изучался, когда в 2014 г. был построен Городской ручей Иматра. Река Вуокси течет из Финляндии в Россию и далее, и это новое место обитания может служить для миграции популяции форели из основного русла. Уже через год после строительства плотность популяции ручьевой форели стала очень высокой. В ходе продолжающегося мониторинга мы обнаружили свидетельства быстрой колонизации беспозвоночными недавно построенного канала, что указывает на наличие базисной продукции, а также подходящего питания для мальков. Кроме того, видеомониторинг показал, что многие другие виды рыб используют этот поток, а также выдра и птицы пользуются этим обходным путем как своим местом обитания.

Восстановление рек и поддержание качества воды в хорошем состоянии имеет сильную поддержку в Рамочной водной директиве ЕС. Но выполнение директивы не всегда четко согласовано и последовательно, поскольку все необходимые меры и действия во многих случаях не удаются местным или региональным властям, в отличие от третьего сектора (граждане, ассоциации, фонды). Особенно в отношении малых водотоков и озер количество этих выполняемых волонтерами акций быстро растет и много различных проектов выполняется с очень хорошими результатами. Для достижения наших целей и координации наших действий в высшей степени необходимы руководство и исследования с долгосрочным мониторингом. Нам также нужно широкое понимание крупномасштабных вызовов и расходящихся экологических аспектов, в отношении которых исключительно важно международное сотрудничество.

УДК: 349.6:556

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВЕННОЙ УСЛУГИ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ ПРАВА ПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ (НА ПРИМЕРЕ АМУРСКОГО БВУ)

Кролевецкая Ю.В.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал
г. Владивосток, Россия
dike050@mail.ru

Ключевые слова: водные объекты, право пользования водным объектом, государственный водный реестр, геоинформационная система, информационно-аналитическое сопровождение, комплексное водопользование, Амурское бассейновое водное управление.

В статье приводятся сведения об этапах разработки и внедрения системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования водными объектами в зоне деятельности Амурского бассейнового водного управления. Представлены основные направления информационно-аналитического сопровождения, основанного на использовании разработанной системы. Предложены пути развития данной системы для решения задач в области комплексного водопользования Амурского бассейнового округа.

INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR THE PROCEDURE OF GRANTING RIGHTS TO USE WATER BODIES (ON THE EXAMPLE OF THE ZONE OF ACTIVITY OF THE AMUR BASIN WATER ADMINISTATION).

Krolevetskaya Y.V.
RosNIIVH Far Eastern Branch
Vladivostok, Russia
dike050@mail.ru

Key words: water bodies, right to use a water body, state water register, geoinformation system, information and analytical support, complex water use, Amur basin water management.

The article provides information on the stages of development and implementation of the information support system for the procedure for granting rights to use water bodies in the Amur basin water management activity zone. The main directions of information and analytical support based on the use of the developed system are presented. The ways of development of this system are proposed for solving problems in the field of integrated water use in the Amur basin district.

Водные объекты являются основным источником водных ресурсов, которые широко используются для обеспечения нужд населения и потребностей народного хозяйства. На территории Российской Федерации все водные объекты находятся в федеральной собственности, за исключением установленных случаев.

Предоставление права пользования водными объектами является первым этапом управления в области их использования. Предоставление права пользования водными объектами – это государственная услуга, реализуемая уполномоченными органами государственной власти Российской Федерации, субъектов и органами местного самоуправления [1].

Амурское бассейновое водное управление (Амурское БВУ) – территориальный орган Федерального агентства водных ресурсов, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов на

территории Чукотского автономного округа, Еврейской автономной области, Камчатского, Приморского, Хабаровского и Забайкальского краев, Амурской и Сахалинской областей [2, 3].

При реализации государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами специалисты Амурского БВУ наиболее часто сталкиваются с трудностями, связанными с вопросами, касающимися местоположения объектов водопользования.

К объектам водопользования, на территории деятельности Амурского БВУ, наиболее часто сталкивающихся с проблемами пространственной идентификации и их последствиями, относятся участки акваторий морских водных объектов.

Пять из восьми субъектов, находящихся в зоне деятельности Амурского БВУ, омывается морями. На территории данных субъектов расположено 27 морских портов, только часть из которых имеет покрытие навигационными картами масштаба требуемой точности при работе с объектами водопользования (рис. 1).



Рис. 1. Схема размещения морских портов, расположенных в зоне деятельности Амурского БВУ.

К вопросам, касающимся местоположения объектов водопользования, относится, в первую очередь, необходимость в пространственной идентификации заявляемого объекта водопользования, то есть в проверке его местоположения, площади, недопущения наложений на границы объектов водопользования, ранее предоставленных в пользование, а также иных объектов.

Государственная услуга по предоставлению водных объектов в пользование, состоит из ряда административных процедур, состав, последовательность, сроки и требования, к порядку выполнения которых определены административным регламентом по предоставлению данной услуги.

В административном регламенте предоставления данной процедуры и других нормативных актах, регулирующих данную деятельность, отсутствуют требования или рекомендации по вопросам, связанным с пространственной идентификацией объектов водопользования. Также отсутствуют в водном законодательстве нормативные документы, более четко регламентирующие водопользователям требования к описанию границ мест

водопользования и представляемым графическим материалам при подготовке и заключении договоров водопользования и решений о предоставлении водного объекта в пользование.

Помимо отсутствия четкой регламентированности вопросов пространственной идентификации объектов водопользования, сложности заключаются и в недостатке у специалистов Амурского БВУ соответствующих картографических материалов и специализированного программного обеспечения для работы с ним, без чего точное определение местоположения объектов водопользования затруднительно.

Точность определения местоположения объекта водопользования имеет очень важное значение, так как при неверном его указании возникают ситуации, связанные с нарушением требований законодательства, прав тех или иных субъектов взаимоотношений. Таким образом, в результате сложившихся обстоятельств, требующих принятия решений, с целью недопущения нарушений требований законодательства, прав водопользователей и других возможных субъектов правоотношений, Амурским БВУ была инициирована научно-исследовательская работа на тему «Информационное обеспечение процедуры предоставления прав пользования акваториями морских водных объектов по зоне деятельности Амурского БВУ».

Цель данной научно-исследовательской работы – разработка системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования акваториями морских водных объектов по зоне деятельности Амурского БВУ.

Основой системы информационного обеспечения стал реестр объектов водопользования акваторий морских водных объектов на картографической основе с использованием геоинформационной системы.

Процесс создания реестра объектов водопользования состоял из нескольких основных этапов: разработка структуры информационной системы, создание векторных слоев участков морских акваторий водопользования (в формате MapInfo, shape-файла) с занесением основной информации в атрибутивную базу, систематизация данных об участках морских акваторий, по местам водопользования, водным объектам, на которых они расположены [4].

Для полноценной работы системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования акваториями морских водных объектов помимо создания реестра участков акваторий морских водных объектов, предоставленных в пользование, также необходимо решение задач, связанных с поддержанием его в актуальном состоянии (ведение реестра), а также проверкой сведений о местоположении вновь заявляемых объектов.

Для реализации данных задач было заключено соглашение с Амурским БВУ о взаимодействии в области внедрения системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования акваториями морских водных объектов. При проведении работ по созданию данного реестра, поддержки его в актуальном состоянии, обработке поступающих запросов о вновь заявляемых объектах были определены проблемные вопросы, проанализированы причины их возникновения и предложены варианты решений. К основным причинам, приводящим к погрешностям в точности определения можно отнести следующие: использование различных систем координат при определении местоположения объекта водопользования (СК-42, WGS-84); применение картографических материалов, не обеспечивающих требуемой точности при определении местоположения объекта (не соответствующий масштаб), или находящихся в неактуальном состоянии (не отображающие произошедшие изменения на местности).

В процессе эксплуатации системы ее функциональность постепенно расширялась ввиду производственной необходимости при реализации данной государственной услуги.

На первом этапе были внесены дополнительные данные, необходимые для оптимизации работ с участками акваторий морских водных объектов:

– сведения о границах акваторий морских портов (в связи с внесением изменений в Водный кодекс Российской Федерации в части использования поверхностных водных объектов для целей морского транспорта);

– сведения о границах рыбоводных участков (для оптимизации процесса согласования границ формируемых рыбоводных участков при взаимодействии с Приморским территориальным управлением Росрыболовства) [5].

Система продолжает наполняться новыми пространственными слоями, необходимыми при принятии решений в области процедуры предоставления прав пользования водными объектами.

Также, если изначально данная система была настроена на работу с объектами водопользования, находящимися на морских водных объектах, то в настоящее время она используется и для других водных объектов, находящихся в зоне деятельности Амурского БВУ.

В процессе создания и эксплуатации системы сформирована база пространственных данных. Состав базы пространственных данных постоянно расширяется, однако в настоящий момент выделены основные категории и их содержание (табл. 1).

Табл. 1. Состав базы пространственных данных системы информационного обеспечения процедуры предоставления права пользования водными объектами.

Категория	Пространственные слои
Водопользование	участки акваторий водопользования водных объектов; точки забора воды; точки сброса сточных вод; установленные части береговой линии водных объектов.
Рыболовство	рыбопромысловые участки; рыбоводные участки.
Морские порты	границы морских портов; границы участков морских портов.
Картографические материалы	морские навигационные карты; топографические карты; спутниковые снимки.
Подключаемые картографические сервисы	публичная кадастровая карта Росреестра; Google карты; Яндекс карты.

Разработанная система информационного обеспечения процедуры предоставления права пользования водными объектами, включающая реестр объектов водопользования, сформированная в процессе эксплуатации базы пространственных данных, а также проведенный анализ нормативно-правовых материалов позволяют специалистам Дальневосточного филиала ФГБУ РосНИИВХ реализовывать информационно-аналитическое сопровождение государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами.

Основные запросы, обрабатываемые в рамках информационно-аналитического сопровождения процедуры предоставления права пользования водными объектами, следующие:

– идентификация объектов водопользования в определенном водном объекте или его части;
– уточнение местоположения объектов водопользования при подготовке материалов по спорным вопросам, в рамках судебных разбирательств;
– предоставление информации о местоположении водного объекта;
– информация о принадлежности части указанного водного объекта к конкретному водному объекту;
– информация о местоположении береговой линии (границы водного объекта);
– идентификация наложения участка акватории водного объекта на земельный участок с определенным кадастровым номером;
– исключения возможных наложений при формировании рыбоводных участков;

- идентификации объектов водопользования, находящихся в границах морских портов;
- идентификация участков акватории при расширении и изменении границ морских портов (в рамках реализации Постановления Правительства РФ от 30.12.2018 № 1775 «Об утверждении Правил установления или изменения границ территории морского порта, а также расширения территории морского порта»).

Таким образом, система информационного обеспечения, первоначально планируемая для участков акваторий морских водных объектов и для решения важных, но узкоспециализированных задач, связанных с точностью определения местоположения данных объектов водопользования, постепенно преобразуется для решения более широкого спектра задач в рамках информационно аналитического сопровождения государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами.

Данная система может быть использована и при реализации государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами другими бассейновыми водными управления, а также уполномоченными органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления.

Однако использование данной информационной системы и информационно-аналитического сопровождения может быть расширено для решения более широкого круга задач в области водопользования.

Использование водных объектов носит, как правило, многоцелевой характер. Комплексное использование водных объектов – один из основных принципов водного законодательства Российской Федерации, который предполагает использование водного объекта одним или несколькими водопользователями (обособленное и совместное водопользование).

При осуществлении водопользования могут возникать различные проблемы, приводящие к последствиям разного характера, связанным не только с нарушением прав водопользователей, а также с невозможностью осуществлять водопользование в установленном режиме, с угрозой возникновения ситуаций, приводящих к негативному воздействию на водные объекты и другим проблемам.

Если говорить о причинах, возникающих проблем у водопользователей, то можно выделить основные, такие как: несовершенство законодательства, недостаточное обеспечение методической базы, ограничения при осуществлении межведомственного взаимодействия; отсутствие комплексных информационных ресурсов и инструментов.

Особенно хотелось бы остановиться на пункте «отсутствие комплексных информационных ресурсов и инструментов», который как раз смог бы частично компенсировать другие причины возникающих проблем, так как наличие такого ресурса позволило бы иметь единую информационную базу о водопользовании, водохозяйственной деятельности и других смежных отраслях. Причем важной составляющей данного информационного ресурса должна быть картографическая основа, так как была отмечена важность вопросов взаимного пространственного расположения объектов при осуществлении деятельности и в области водопользования.

Существующий государственный водный реестр, который создан в целях информационного обеспечения комплексного использования водных объектов, целевого использования водных объектов, их охраны, а также в целях планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий.

Представляет собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических лиц, юридических лиц, об их использовании, о речных бассейнах, о бассейновых округах.

Как раз отсутствие привязки государственного водного реестра к картографической основе делает его малоэффективном при планировании и осуществлении хозяйственной деятельности.

Существующие информационные системы Росводресурсов, в том числе автоматизированная информационная система государственного водного реестра (АИС ГВР), информационная система водопользования (ИС «Водопользование») и другие не имеют пространственной привязки [6, 7].

Рассматриваемую систему информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования водными объектами представляется возможным расширить до информационно-аналитической системы поддержки комплексного водопользования Амурского бассейнового округа.

Целью предлагаемой системы является информационно-аналитическое обеспечение Амурского бассейнового водного управления, органов государственной власти, органов местного самоуправления, водопользователей для принятия своевременных и эффективных управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017) // СПС КонсультантПлюс.
2. Об утверждении Положения о Федеральном агентстве водных ресурсов (ред. от 07.07.2016): Постановление Правительства РФ от 16.06.2004 № 282 // СПС КонсультантПлюс.
3. Об утверждении Положений о территориальных органах Федерального агентства водных ресурсов: Приказ Росводресурсов от 11.03.2014 № 66 // СПС КонсультантПлюс.
4. *Кролевецкая Ю.В.* Разработка и внедрение системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования акваториями морских водных объектов по зоне деятельности Амурского бассейнового водного управления // XIV международный научно-практический симпозиум Чистая вода России: сборник материалов. Екатеринбург, 2017. С. 40–44.
5. *Кролевецкая Ю.В., Азеева Е.Ю., Федченко Т.Ю.* Разработка системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования водными объектами (на примере зоны деятельности Амурского БВУ) // Водное хозяйство России. 2017. № 6. С. 34–47.
6. *Скачкова М.Е., Иванова Н.А.* Особенности ведения государственного водного реестра. Технические науки: проблемы и перспективы: мат-лы II Международной научной конференции. Санкт-Петербург, апрель 2014. СПб: Заневская площадь, 2014. С. 130–133.

УДК 504.06:556.18

СТЕПЕНЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Крутикова К.В.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
krutikovak@mail.ru
Насчетникова О.Б.
ФГАОУВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
nobel408@mail.ru

Ключевые слова: Водные ресурсы, экосистема, устойчивое развитие, интегрированное управление

Авторами проанализированы результаты оценки прогресса в области интегрированного управления водными ресурсами Российской Федерации. Изучены индикаторы измерения прогресса, к которым относятся: благоприятные условия, учреждения и участие, инструменты управления, финансирование. Выявлены спорные моменты высоких результатов оценки степени внедрения комплексного управления водными ресурсами и произведена альтернативная оценка. Направления развития комплексного управления водными ресурсами России заключаются в разработке стратегий достижения водных целей устойчивого развития, необходимости оценки системы взаимосвязей использования различных видов ресурсов, учете экосистемной составляющей водно-ресурсного потенциала.

PROGRESS ON INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT

Ksenia Krutikova,
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia
krutikovak@mail.ru
Olga Naschetnikova
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin», Ekaterinburg, Russia,
nobel408@mail.ru

Key words: Water resources, ecosystem, sustainable development, integrated management

The paper analyzed the results of the assessment of progress in the field of integrated water resources management in the Russian Federation. Indicators for measuring progress have been studied, which include: enabling environment, institutions and participation, management instruments, financing. The disputable moments of high results of the degree of implementation assessment of integrated water resources management are revealed and an alternative assessment is made. Directions of development of integrated water resources management in Russia are: development of strategies to achieve water goals of sustainable development, the need to assess the system of relationships between the use of different types of resources, taking into account the ecosystem component of water and resource potential.

Принципы интегрированного управления водными ресурсами, введенные в практику управления водными ресурсами различных стран, претерпевают обновление. Мировые тенденции развития управления водными ресурсами признают роль экосистем с учетом связей и динамики между различными ресурсами и их использованием для согласования управления ими и обеспечения максимальной совместной эффективности. Кроме того, новая парадигма управления водными ресурсами должна способствовать достижению целей устойчивого развития, которые могут быть достигнуты с использованием основанного на

зеленых технологиях подхода, предложенного в докладе Организации Объединенных Наций о мировом развитии водных ресурсов [1].

Решения в отношении способа распределения и использования водных ресурсов являются фундаментальными для устойчивого развития, поскольку лежат в основе важнейших аспектов человеческой деятельности [2]. При этом, принципы комплексного управления водными ресурсами служат основой для достижения не только «водных» целей устойчивого развития. С момента формулирования принципов интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) в 1992 г. степень их введения в практику в разных странах различна. Многие страны имеют водохозяйственную политику, опирающуюся на эти принципы. Для этого разработаны и функционируют соответствующие законодательные и финансовые инструменты.

Степень внедрения принципов зависит от условий формирования. Для стран с приоритетом государственной собственности на водные ресурсы и высокой централизацией «водохозяйственной» власти степень реализованности принципов ИУВР достаточно высока. Однако, зачастую, принципы остаются задекларированными и законодательно закрепленными, а фактически бездейственными.

Программой ООН по окружающей среде оценивается прогресс в области интегрированного управления водными ресурсами в различных странах. По данным [**Ошибка! Закладка не определена.**, 3] в России в 2017–2018 гг. наблюдается «высокая» степень внедрения комплексного управления водными ресурсами (Degree of IWRM implementation), т.е. степень внедрения оценивается на уровне 79 баллов из 100. В данном случае балльное измерение степени внедрения осуществляется путем определения среднего результата самооценки государств по четырем индикаторам:

- Благоприятная среда (политика, законы, планы и стратегии);
- учреждения и участие (межотраслевое координирование, вовлечение в процесс управления частного сектора и других заинтересованных лиц);
- инструменты управления и программы для принятия информированных решений, охватывающие наличие водных ресурсов, контроль над загрязнениями, связанные с водными ресурсами экосистемы и катастрофы, обмен данными и информацией);
- финансирование.

Степень внедрения в Российской Федерации, оцененная на уровне 79 баллов, полученная по результатам заполнения специально разработанного вопросника, состоящего из 33 вопросов, представляется авторам завышенной. Анализ результатов заполнения вопросника по Российской Федерации [4] выявляет следующие причины столь высоких оценок:

1. Состояние политики, законов и планов по поддержанию комплексного управления водными ресурсами на национальном уровне оценено на самом высоком уровне. Другими словами, национальная политика в области водных ресурсов и национальные планы в области комплексного управления водными ресурсами имеют оценку «задачи последовательно выполнены и периодически пересматриваются и уточняются». Инструментами национального уровня являются Водная стратегия РФ и Федеральная целевая программа (Далее – ФЦП) «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 гг.». Правительством признается эффективность реализации этих документов, которая оценивается по степени достижения целевых показателей. Однако, например, с момента введения в действие первоначальной версии паспорта ФЦП, проводилась систематическая корректировка целевых показателей в сторону снижения оптимистичности перспектив развития водохозяйственного комплекса. В результате, зафиксированный на сегодняшний день уровень достигнутых целевых показателей по отчетным данным достаточно высок (поскольку уровень целевых показателей стал значительно ниже), при этом прогресс в достижении целей устойчивого развития не совпадает с заявленным в результатах проведенной самооценки.

2. Статус органов власти, занимающихся осуществлением комплексного управления водными ресурсами на региональном уровне, также имеет максимальную оценку с формулировкой «органы имеют потенциал для эффективного руководства периодическим пересмотром плана комплексного управления водными ресурсами». Утверждение является спорным, поскольку на уровне субъекта федерации управление ресурсами водных объектов осуществляется за счет деятельности отделов водных ресурсов территориальных отделов Росводресурсов – Бассейновых водных управлений и министерств (департаментов) природных ресурсов, входящих в состав правительства субъекта федерации. В функции отдела водных ресурсов БВУ входит осуществление полномочий Росводресурсов на территории конкретного региона, то есть задач, формируемых на национальном уровне. Региональное же министерство может разрабатывать и реализовывать региональную целевую программу в сфере управления природными ресурсами и экологии, в составе которой, как правило, имеется блок водохозяйственных мероприятий. Правительство РФ стимулирует региональные власти к формированию региональных программ. В ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» предусмотрено предоставлению субсидий регионам по направлению «Софинансирование региональных программ субъектов Российской Федерации в части природоохранных мероприятий». В 2018 г. предусмотрены субсидии семи субъектам Российской Федерации в объеме 380,92 млн рублей на софинансирование 11 природоохранных мероприятий, включая 115,99 млн рублей на выполнение четырех мероприятий приоритетного проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения р. Волга». Заключено семь соглашений с семью субъектами Российской Федерации в объеме 380,92 млн рублей на софинансирование указанных мероприятий – 100 % от предусмотренного объема [5]. Указанные количество участвующих регионов и объемы финансирования этих субсидий, оценивая масштабы всей Российской Федерации, а также причины недостаточной их результативности свидетельствуют о несущественности деятельности региональных органов государственной власти в области комплексного управления водными ресурсами. Таким образом, статус региональных органов власти не может быть высоко оценен.

3. Инструменты управления, поддерживающих осуществление комплексного управления водными ресурсами на бассейновом уровне имеет высокую оценку за счет реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов. По своей сущности, схемы должны быть ключевым рабочим документом (инструментарием принятия управленческих решений, планирования, проектирования относительно водохозяйственных мероприятий) в сложной системе управления водными ресурсами, увязывающим все направления водохозяйственной деятельности на всех уровнях, а по факту они получились бездейственными. Например, никто не отслеживает исполнение мероприятий, не входящих в полномочия Росводресурсов, но занесенных в перечень мероприятий по достижению целевого состояния водных объектов схемы. Для муниципальных органов власти и органов исполнительной власти отсутствуют соответствующие нормативно-правовые акты, обязывающие их исполнять положения схем и отчитываться по реализации мероприятий. Таким образом, средний уровень реализованности мероприятий СКИОВО по количеству и по запланированной стоимости менее 30 % [6], что конечно снижает реальный статус этого инструмента управления.

4. К инструментам управления отнесены системы управления связанными с водой экосистемами на национальном уровне. «Связанные с водой экосистемы включают реки, озера и водоносные горизонты, а также водно-болотные угодья, леса и горы. Управление этими системами включает такие средства как планы управления, оценка связанных с окружающей средой потребностей в воде и защита территорий и видов. Мониторинг включает измерение района распространения и качества экосистем с течением времени» [**Ошибка! Закладка не определена.**]. Подобные оценки и измерения в России проводятся в индивидуальном порядке, как правило, на

уровне единичных локальных научных исследований и не введены в практику государственного управления. Даже стратегические документы прочих отраслей национального уровня, принятые позднее Водной Стратегии РФ, не всегда учитывают необходимость реализации ее принципов. В самой стратегии понятие экосистемы рассматривается только в контексте создания методологических и технологических основ экосистемного водопользования в разделе стратегии о научно-техническом обеспечении ее реализации. Подобная ситуация не заслуживает получения «очень высокой» оценки по рассматриваемому инструменту управления.

5. Финансирование управления водными ресурсами на национальном уровне, а также состояние финансирования развития водных ресурсов и управления ими на уровне бассейна, включая инфраструктуру водных ресурсов, получили «высокие» оценки, что означает «средства выделены, все запланированные проекты в стадии осуществления». Хотя, бассейновые планы (схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов), как отмечалось ранее, реализуются менее, чем на 30 % в среднем по стране, в том числе по стоимости запланированных мероприятий.

В «Докладе о человеческом развитии в Российской Федерации: Цели устойчивого развития ООН и Россия» [7] говорится о необходимости разработки стратегий достижения ЦУР нашей страны, их интегрирования и «согласования» с мировой практикой. Именно на повышение эффективности действующих механизмов комплексного управления водными ресурсами целесообразно направить усилия в перспективе, говорится в докладе. Опыт некоторых стран, опережающих многие в расширении принципов управления ресурсами, мог бы быть использован в качестве ориентиров развития. Имея завышенную оценку степени внедрения комплексного управления водными ресурсами, Россия относится к категории стран, потенциально способных достичь цели устойчивого развития, и отсутствует необходимость дополнительных усилий для ускорения прогресса. Фактически же оценивается потребность коренного совершенствования перечисленных элементов системы управления водными ресурсами.

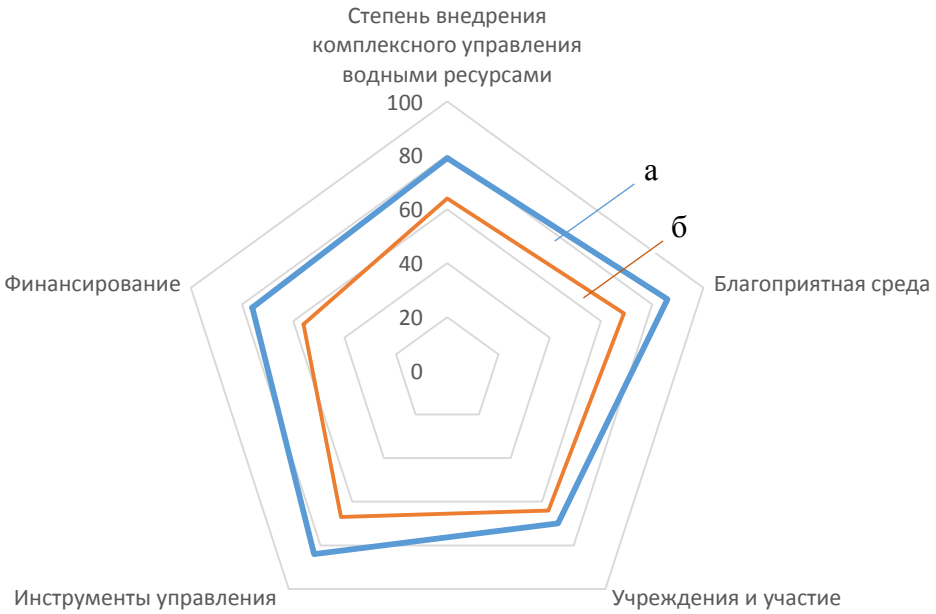


Рис. Степень внедрения комплексного управления водными ресурсами:
а) по данным IWRM DATA PORTAL; б) по оценкам авторов.

Обновление принципов интегрированного развития в мире находится на стадии обобщения, сбора информации о примерах применения и выявления особенностей и возможных затруднений. Одним из направлений развития принципов управления водными ресурсами является применение нексус-подхода [8]. Исследования в этой области формируются и обобщаются международными организациями. В Российской Федерации пока отсутствует инициатива государственных органов в сфере управления природопользованием по введению новых принципов управления водными ресурсами в политику управления и международного взаимодействия.

Таким образом, прогресс в реализации современных принципов интегрированного управления водными ресурсами в Российской Федерации переоценен. Направления расширения комплексного управления водными ресурсами заключаются в разработке стратегий достижения водных целей устойчивого развития, необходимости оценки системы взаимосвязей использования различных видов ресурсов, учете экосистемной составляющей водно-ресурсного потенциала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The United Nations World Water Development Report 2018.
2. UN Environment (2018). Progress on integrated water resources management. Global baseline for SDG 6 Indicator 6.5.1: degree of IWRM implementation.
3. Sustainable Development Goal Indicator 6.5.1 on IWRM. Режим доступа: http://iwrmdataportal.unepdhi.org/iwrmmonitoring.html
4. Вопросник для стран по показателю ЦУР 6.5.1 «Степень осуществления комплексного управления водными ресурсами (0-100). Режим доступа: http://iwrmdataportal.unepdhi.org/IWRMDataJsonService/Service1.svc/getNationalSubmissionFile/Russian%20Federation
5. Краткие отчеты о реализации ФЦП (данные 2018 года по состоянию на 1.10.2018) Режим доступа: http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFinDoc?fcp=403&fin=92&year=2018
6. *Косолапов А.Е., Косолапова Н.А., Калиманов Т.А.* СКИОВО как инструмент обеспечения комплексного использования водных объектов и принятия решений в области управления водными объектами // Мат-лы Всероссийской научно-практической конференции «Водные ресурсы России: современное состояние и управление», 2018.
7. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 год / под ред. С. Н. Бобылева и Л. М. Григорьева. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. 298 с.
8. THE NEXUS METHODOLOGY Режим доступа: https://www.unece.org/environmental-policy/conventions/water/areas-of-work-of-the-convention/envwaternexus/the-nexus-methodology.html.

УДК 556.3:502.175

О МЕТОДАХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ ОРЕНБУРГСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Куделина И.В.
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия
kudelina.inna@mail.ru

Ключевые слова: подземные воды, минерализация, источники загрязнения, мониторинг, сточные воды.

Методический подход к исследованию территории агломерации включает зонирование и картографирование территории, режимные наблюдения за качеством природных вод, источниками загрязнения, применение наземных и дистанционных методов исследования. Данные исследований рекомендуется использовать при проектировании и планировании инженерной инфраструктуры и разработке природоохранных мероприятий. Это позволит своевременно разрабатывать и осуществлять мероприятия по защите подземных вод от загрязнения и истощения.

ON THE METHODS OF HYDRO /GEOLOGICAL RESEARCHERS OF THE TERRITORY OF THE ORENBURG URBAN AGGLOMERATION

I.V. Kudelina
Orenburg State University, Orenburg, Russia
kudelina.inna@mail.ru

Key words: groundwater, salinity, sources of pollution, monitoring, wastewater.

The methodical approach to the study of the agglomeration territory includes zoning and mapping of the territory, routine monitoring of the quality of natural waters, sources of pollution, and use of ground-based and remote sensing methods. We recommend using the data in the design and planning of engineering infrastructure and the development of environment-protective measures. This will enable timely development and implementation of measures to protect groundwater from pollution and depletion.

ВВЕДЕНИЕ

В связи со строительством Оренбургского нефтегазового комплекса в 70-х гг. XX века на территории агломерации проводились гидрогеологические исследования с опробованием более 100 водоисточников [1, 2, 3]. Установлено, что в засуху резко снижается уровень воды в скважинах, и до 70–80 % проб из аллювиального горизонта не отвечают санитарным нормам. В периоды межени выявлен существенный рост минерализации вод и концентраций хлоридов и сульфатов. В маловодные годы минерализация вод превышает ПДК, достигая 3–5 г/л. Воды сульфатно-натриевого типа, по классификации Н.С. Курнакова – М.Г. Валяшко, переходят в хлоридно-магниевый подтип [4], содержат повышенные концентрации нитратов и нитритов и, в ряде случаев, − разлагающиеся белковые вещества и кишечную палочку. Данная ситуация в настоящее время усугубляется, это отражено на гидрогеологической карте (рис. 1). Очевидно, что система водопользования в агломерации требует внедрения комплексного методического подхода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе использованы выполненные на территории агломерации результаты предшествующих работ [1, 2,3], а также результаты полевых исследований. В полевых условиях изучены и классифицированы источники загрязнения окружающей среды, оценено их влияние

на природные воды. Собраны данные по анализам природных и сточных вод, физико-химическим свойствам, выполнена их статистическая обработка. Детализированы имеющиеся по данной территории схемы и карты. Использованы данные по состоянию снегового покрова при оценке качества водных ресурсов.

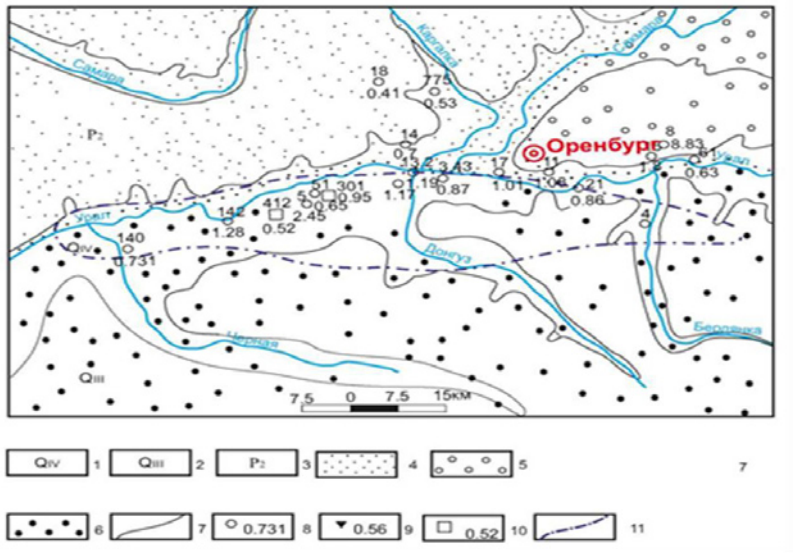


Рис. 1. Схематическая гидрогеологическая карта агломерации.

Гидрогеологические подразделения: 1 − аллювий Q_{3-4}; 2 – элювиальный Q; 3 – комплекс P_2; 4 − районы с преобладанием сульфатно-гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-сульфатных кальциевых вод; 5 − районы с преобладанием хлоридно-гидрокарбонатных и гидрокарбонатно-хлоридных натриевых нередко некондиционных вод; 6 − районы с пестрым химическим составом зачастую некондиционных вод; 7 − границы между водовмещающими породами различного генезиса и литологического состава; 8 – скважины; 9 – источники; 10 – колодцы (цифры внизу знака – минерализация в г/л); 11 – контур газоконденсатного месторождения.

Методика сбора фактического гидрогеологического материала описана в работах Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии и других организаций. Она использована в работе при опробовании подземных вод из водозаборных скважин хозяйственно-питьевого назначения и других компонентов окружающей среды (рис. 2).

Опробованы колодцы, скважины и родники, а также мочажины. Их воды не защищены и легко загрязняются. Анализы водных проб систематизированы в банки данных. Собраны данные по режиму подземных вод. Опробовались также речные и озерные воды, ручьи, водохранилища и сточные воды предприятий. Наиболее представительны данные гидрометслужбы со средними, среднемесячными и среднегодовыми значениями, а также данными по уровням и расходам воды. По ним построены гидролого-гидрогеологические диаграммы, графики, карты и профили.

По снеговому покрову охарактеризованы атмосферные осадки, сорбирующие пыль, дымы и аэрозоли из атмосферного воздуха. По ним оценено воздействие техногенных объектов на окружающую среду. Опробование снега выполнено в феврале-марте по известной методике [1, 2]. Сеть опробования снегового покрова выбрана с учетом розы ветров и расстояния до техногенных объектов. Использованы данные гидрометслужбы за 12-летний период.

Пробы почв, грунтов и илов по весу составляют 0,5 кг. Грунты опробованы из закопушек глубиной 15÷20 см, горные породы – из стенок карьеров и обнажений, а илы − из водоемов с границы уреза воды. Плотность опробования определялась близостью к техногенным объектам и степенью защищенности вод от загрязнения.

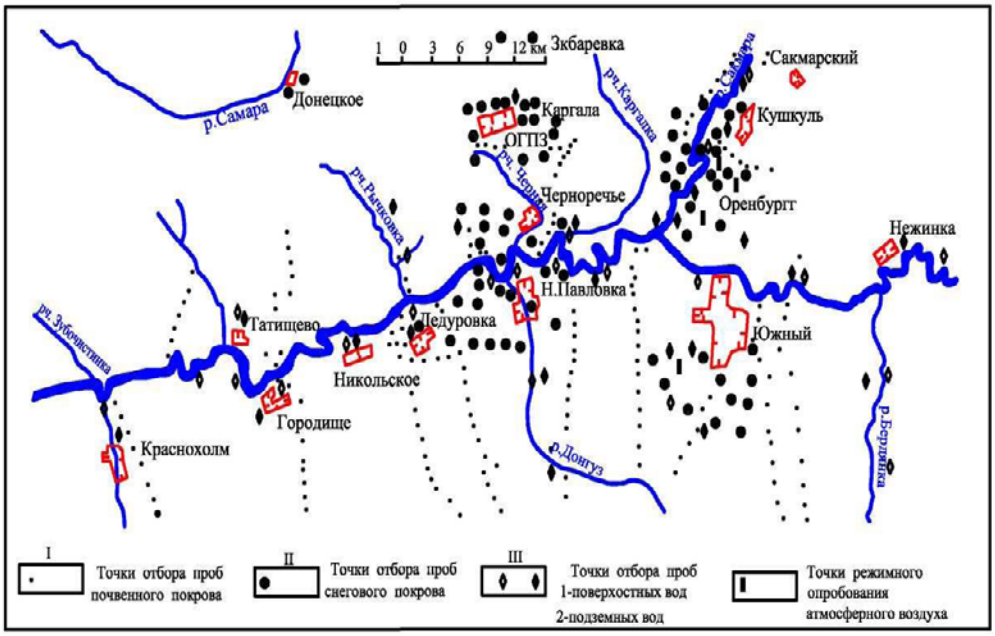


Рис. 2. Карта фактического гидрогеологического материала по Оренбургской городской агломерации. Среда и точки опробования: I – почва; II – снег; III – природные воды; IV – точки опробования воздуха атмосферы.

Результаты мониторинга использованы при оценке природных и техногенных факторов при формировании подземных вод и позволили уточнить естественные циклы в трансформации состава вод, что использовано при гидрогеологическом районировании территории. Результаты мониторинга позволили так же прогнозировать ситуацию и обосновать дальнейшее социально-экономическое развитие агломерации при решении проблем питьевого и централизованного хозяйственного водоснабжения

Дистанционные методы на исследуемой территории использованы в комплексе с наземными методами. Применяется аппаратура с тепловым, оптическим, инфракрасным, рентгеновским и радиоволновым зондированием. Построены цветосинтезированные карты среднего и мелкого масштабов, а по конкретным участкам − оцифрованные карты с таблицами и графиками. Они позволили создать модели, прогнозировать и принимать решения [1, 5, 6]. Дистанционные методы позволяют получать экспресс-информацию для решения оперативных задач и выполнять картографирование территории. Космофотоматериалы дают дополнительную информацию для построения гидрогеологических карт, оценки и прогноза состояния подземных вод.

В камеральных условиях по дистанционным материалам выделены участки техногенного загрязнения. Свалки и полигоны с производственными и бытовыми отходами на снимках имеют правильные формы и часто дымят. Накопители сточных вод выделяются на снимках контурными линиями благодаря стокам. На зимних снимках хорошо выделяются дымы предприятий, пыль и потери сточных вод, нефтепродуктов, сероводорода коммуникаций. Комплексом наземно-дистанционных методов хорошо раскрываются гидрогеологические условия территории, особенно в связи с загрязнением водных ресурсов промышленными предприятиями энергетического и нефтегазового комплексов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрогеологическое зонирование территории выполнено с целью изучения уязвимости и защищенности подземных вод от загрязнения. Исторически население селилось у водоемов, где размещались и производства, перерабатывающие сырье. В результате санитарно-защитные зоны вокруг промышленных объектов, селитебных районов и водоемов на

исследуемой территории не соблюдаются, качество природных вод непрерывно ухудшается и растет заболеваемость и смертность населения.

Наземно-дистанционными методами уточнены схемы типизации территории по уязвимости и качеству подземных вод. Они использованы при разработке программ социально-экономического развития территории для развития его производительных сил и регламентации нагрузки на гидросферу с целью перехода на модель устойчивого развития.

При оценке уязвимости подземных вод к загрязнению использованы известные методики [2, 7, 8]. Опыт картирования уязвимости подземных вод к загрязнению накоплен в Европе и в странах СНГ К.Е. Питьевой (1984) и А.Я. Гаевым (1969–2017). При оценке уязвимости подземных вод к загрязнению учтены также сорбционные и хемо-сорбционные свойства горных пород, их способность нейтрализовать загрязнение, активизировав при этом ионно-обменные процессы, разложение водо-растворенной органики при участии кислорода и микроорганизмов [2, 9,10].

При картографировании исследуемой территории выделены природные и техногенные факторы уязвимости вод к загрязнению. К природным отнесены: глубина залегания грунтовых вод, мощности водоупорных и водовмещающих пород их проницаемость и способность к сорбции и хемосорбции компонентов-загрязнителей, интенсивность водообмена, скорость и направление миграции загрязняющих веществ. К техногенным факторам отнесены: степень улавливания загрязняющих веществ, их распределение по площади, степень нарушенности земель, облегчающей проникновение загрязнения в подземные воды. Смешанные факторы включают особенности взаимодействия вод с геологической средой, определяющие возможности локализации компонентов-загрязнителей в пластовой среде. Все факторы на урбанизированной территории тесно взаимосвязаны, требуя конкретизации. Наиболее важными из них служат физико-химическая активность и коллекторские свойства пород. Петрофизические свойства пород зоны аэрации слабо изучены. Петрофизически они оцениваются по данным литологического состава пород, как: хорошо проницаемые, проницаемые, полупроницаемые и непроницаемые.

Для аллювиальных вод агломерации главными факторами миграции загрязнителей до уровня грунтовых вод служат мощность покровных отложений, их литологический состав, сорбционные и физико-химические свойства. С интенсификацией водоотбора растет глубина залегания грунтовых вод и их защищенность от загрязнения сверху. Для напорных вод с интенсификацией водоотбора глубина их залегания и защищенность уменьшаются.

Степень загрязнения вод В.М. Гольдберг (1987) оценил через индекс их чувствительности (P), как отношение модуля нагрузки (m) и их защищенности (S):

$$P=mt/S\ , \qquad (1)$$

где t − период времени накопления компонентов-загрязнителей в годах. То есть, индекс чувствительности пропорционален воздействию на воду, а по отношению к их защищенности обратно пропорционален.

А.Я. Гаев предложил оценивать интенсивность вод через модуль предельно-допустимого загрязнения ($М_{ПДВ}$) и модуль предельно допустимой концентрации $М_{ПДК}$, как произведение концентрации загрязняющего вещества на модуль водного стока. Например, ПДК по минерализации питьевых вод составляет 1 г/л. Умножая его на модуль водного стока, получаем $М_{ПДК}$ по минерализации. Разность между ним и $М_{ПХС}$ − величиной модуля фактического химического стока равна $М_{ПДВ}$.

$$М_{ПДВ} = М_{ПДК} – М_{ПХС.} \qquad (2)$$

$М_{ПДВ}$ характеризует запас экологической емкости территории. При росте техногенной нагрузки частично или полностью утрачивается экологическая емкость территории, что требует непрерывного прогноза техногенной трансформации подземных вод с помощью систем мониторинга. Соответствующая схема типизации построена по территории Оренбургской городской агломерации (рис. 3).

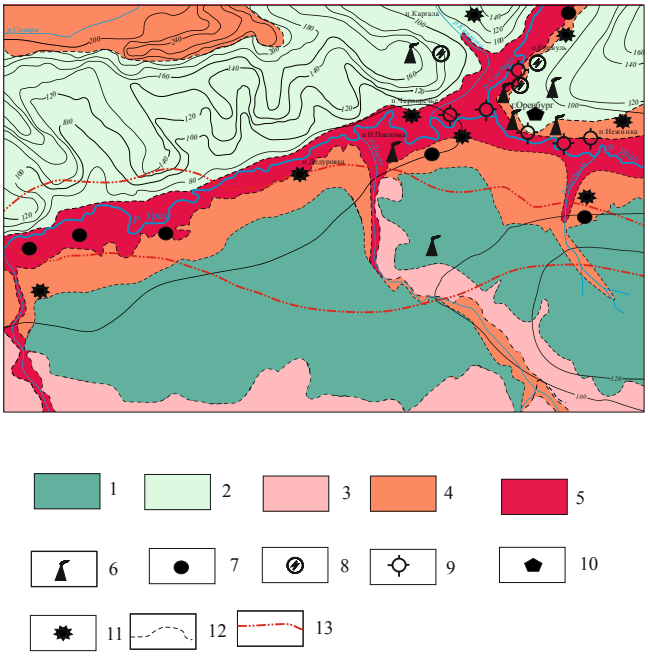


Рис. 3. Типы районов Оренбургской агломерации, отличающиеся по защищенности от загрязнения, оцениваемой через $М_{ПДВ}$, т/км^2/год: 1 – весьма защищенные (70), 2 – достаточно защищенные (50–70), 3 – со слабой защищенностью (20–40), 4 – не достаточно защищены (5–20), 5 – очень уязвимые (<5). Источники техногенеза: 6 – промышленные, 7 – геотехнологические источники, 8 – объекты энергетики, 9 – водохозяйственные сооружения и коммуникации, 10 – селитебные или бытовые, 11 – сельскохозяйственные, зоотехнические и агрохимические. Границы: 12 – районов по уровню защищенности, 13 – контур месторождения. Составлена по [2] с уточнениями автора.

По значениям $М_{ПДВ}$, в т/км^2•год выделены площади от слабо и очень слабо уязвимых ($М_{ПДВ}$ 50÷70 т/км^2·год) до исключительно уязвимых ($М_{ПДВ} \leq 5$ т/км^2·год) [11,12]. Первые рекомендованы к использованию почти без ограничений с небольшими затратами на защиту, а вторые − к весьма ограниченному использованию. Одной из важнейших задач стабилизации ситуации в агломерации является вопрос о восполнении запасов подземных вод за счет аккумуляции части паводковых вод. Для обоснования таких возможностей нами собраны результаты гидрогеологических работ, выполненные другими исследователями на этой территории [1, 2, 5].

ВЫВОДЫ

Методические подходы к гидрогеологическим исследованиям территории агломерации с ее картографированием и зонированием позволили получить исходные данные для предотвращения процессов истощения и загрязнения подземных вод с восполнением запасов подземных вод и оценкой их состояния. Такие схемы рекомендуется использовать при проектировании и планировании инженерной инфраструктуры и разработке природоохранных мероприятий. Это позволит своевременно разрабатывать и осуществлять мероприятия по защите подземных вод от загрязнения и истощения. Практический опыт подтверждает необходимость своевременной оценки ситуации благодаря правильно разработанной стратегии водопользования и мерам по защите подземных вод от загрязнения. Затраты на восстановительные работы в случае развития процессов загрязнения водных ресурсов значительно превосходят стоимость мероприятий по предупреждению такой ситуации. Поэтому экономически более целесообразно предусматривать мероприятия по предотвращению загрязнения водных ресурсов еще на стадии планирования водо- и природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения / [В.Д. Бабушкин, А.Я. Гаев, В.Г. Гацков и др.]. Пермь: Перм. ун-т., 2003. 264 с.

2. *Гаев А.Я.* Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод [Текст] / А.Я. Гаев. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1989. 368 с.

3. Гидрогеология СССР. Т. 43. Оренбургская обл. / под. ред. Е.И. Токмачева. М.: Недра, 1972. 272 с.

4. *Валяшко М.Г.* Основные типы вод и их формирование / М.Г. Валяшко // Док. АН СССР. Т.102. 1955. № 2. С. 315-318.

5. *Гацков В.Г.* Техногенное изменение геологической среды в районах поисков, разведки и эксплуатации месторождений углеводородов (на примере Предуралья и сопредельных территорий) : автореф. дис. … д-ра. геол.-минер. Наук. М.: 2004. 47 с.

6. *Хаустов А.П.* Техногенные системы как феномен самоорганизации материи (на примере загрязнения геологической среды углеводородами) // Литосфера. 2014. № 1. С. 105-116.

7. *Гольдберг В.М.* Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В.М. Гольдберг, С. Газда. М.: Наука, 1984. 262 с.

8. *Зекцер И.С.* Подземные воды как компонент окружающей среды / И.С. Зекцер. М.: Научный мир, 2001. 328 с.

9. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, ИМГРЭ, 1987. 25 с.

10. *Питьева К.Е.* Гидрогеохимия (формирование химического состава подземных вод) [Текст] / К.Е.Питева. М.: Изд-во МГУ, 1978. 328 с.

11. *Гаев А.Я.* О методах гидрогеологических исследований урбанизированных и горнодобывающих районов Оренбуржья / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева. Развитие минер.-сырьевой базы Сибири. Мат. Всерос. форума с междунар. уч., посвящ. 150-летию акад. Обручева В.А., 130-летию акад. Усова М.А. и 120-летию проф. Урванцева Н.Н. Томск: ТПУ, 2013. С. 473-476.

12. *Гаев А.Я.* Проблемы гидросферы города Оренбурга и его окрестностей / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева // Экология урбанизированных территорий. № 3. 2013. С. 28–36.

УДК 504.064

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Кузовлев В.В.
Тверской центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Тверь, Россия
Григорьева И.Л.
Иваньковская научно-исследовательская станция – филиал Института водных проблем Российской академии наук, г. Конаково, Россия
v_kuzovev@mail.ru

Ключевые слова: Тверская область, качество воды, мониторинг, ПДКр.х., высокое и экстремально высокое загрязнение.

По данным мониторинговых исследований Тверского ЦГМС в 2018 г. проведена оценка современного состояния качества воды водных объектов. Выявлено, что превышение $ПДК_{р.х.}$ в большинстве случаев наблюдается по таким показателям, как: ХПК, железо общее, марганец, медь и цинк. За год выявлено 15 случаев высокого (ВЗ) и 6 случаев экстремально высокого (ЭВЗ) загрязнения, которые были отмечены в марте, апреле, июле, августе, сентябре и ноябре. Как правило, ВЗ и ЭВЗ наблюдались по растворенному кислороду и марганцу. Высокие концентрации марганца характерны для застойных участков верхних бьефов плотин и объясняются диффузией марганца из донных отложений при дефиците кислорода. В целом за 2018 г. по показателю УКИЗВ наиболее чистым водным объектом из всех пунктов наблюдений оказалась р. Тьма (УКИЗВ=2,4), наиболее грязным – р. Остречина (УКИЗВ=4,0).

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF WATER QUALITY OF WATER BODIES OF TVER REGION

Kuzovlev V.V.
Tver Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Tver, Russia
Grigoryeva I.L.
Ivankovskaya Research Station – branch of the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Konakovo, Russia
v_kuzovev@mail.ru

Key words: Tver Region, water quality, monitoring, MAC_{fish}, high and extremely high pollution, Specific combinatorial index of water pollution (SCIWP).

According to the monitoring studies of Tver Center for Hydrometeorology in 2018, an assessment of the current state of water quality of water bodies was carried out. It was found that in most cases the excess of the MAC_{fish} is observed in respect of the following indicators: COD, iron, manganese, copper and zinc. During the year, 15 cases of high (HP) and 6 cases of extremely high (EHP) pollution were detected, which were observed in March, April, July, August, September and November. As a rule, vzs and EVZ were observed in respect of dissolved oxygen and manganese. High concentrations of manganese are characteristic of stagnant areas of the upstream dams and are explained by diffusion of manganese from the bottom sediments with a lack of oxygen. In general, for 2018, according to the index SCIWP the most clean water facility was R. the Darkness (SCIWP=2.4), most dirty – R. Ostrechina (SCIWP=4,0).

Оценка качества воды водных объектов является важной научно-практической задачей, выполнение которой позволяет выявить основные факторы, влияющие на качество воды и выработать практические меры по его улучшению. Оценку качества воды лучше

проводить по результатам постоянного мониторинга. В докладе приведены результаты оценки современного состояния качества воды водных объектов Тверской области.

Тверская область расположена на Восточно-Европейской равнине, в бассейне Верхней Волги (около 90 % территории региона) и на водоразделе бассейнов Балтийского и Каспийского морей. Западная часть области занята Валдайской возвышенностью, на юге расположена Верхневолжская низина. Часть водных объектов на севере региона относится к водосбору р. Невы, на части южной территории – водосбору р. Западной Двины. Речная сеть Тверской области представлена более 800 реками общей протяженностью около 17 тыс. км (густота речной сети 0,40 км/км^2), большая часть которых относится к малым рекам и ручьям [1].

По данным Института озероведения Российской академии наук, на территории Тверской области расположено более 3500 озер и искусственных водоемов общей площадью около 1850 км^2 (озерность 2,19 %), в том числе около 1750 озер площадью более 0,01 км^2 и ряд озер меньшего размера [1], а также ряд крупных водохранилищ: Верхневолжское, Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Вышневолоцкое.

Мониторинг качества поверхностных вод в Тверской области ведется с 1950 г. Тверским ЦГМС. В 2018 г. мониторинг проводился на 17 водных объектах (13 реках, 2 водохранилищах и 2 озерах) в 21 пункте наблюдений (25 створах). Это следующие водные объекты и пункты наблюдений: р. Цна – г. Вышний Волочек; р. Съежа – д. Порожки; оз. Стерж – д. Коковкино, р. Волга – г. Ржев, р. Вазуза – д. Дугино, р. Тьма – д. Новинки, р. Тьмака – д. Тверь, р. Тверца – г. Тверь, р. Тверца – г. Торжок, р. Осуга – г. Кувшиново, Шоша – д. Микулино Городище, р. Медведица – д. Семеновское, р. Кашинка – г. Кашин, р. Молога – п. Максатиха, р. Остречина – г. Бежецк, Иваньковское водохранилище – г. Тверь, Иваньковское водохранилище – д. Безбородово, Иваньковское водохранилище – г. Конаково, Угличское водохранилище – г. Кимры, Угличское водохранилище – г. Калязин, оз. Селигер – г. Осташков.

В пунктах III категории (Иваньковское и Угличское водохранилища, р. Тверца – г. Тверь, р. Кашинка – г. Кашин) пробы отбираются ежемесячно (плюс одна проба на пике половодья), а в пунктах IV категории – в основные фазы гидрологического режима.

Отбор проб в пунктах наблюдений производится с использованием плавучей или автомобильной лаборатории. На месте отбора определяются параметры окружающей среды, а также измеряются быстро изменяющиеся показатели: температура воды, запах (на месте отбора – из придонных слоев), растворенный O_2, CO_2, pH, Eh. Первичная обработка проб при необходимости производится на месте отбора в передвижных лабораториях.

В пробах воды определяются в зависимости от программы наблюдений до 41 показателя: температура, запах, цветность, прозрачность, взвешенные вещества, удельная электропроводность, растворенный кислород, процент насыщения кислородом, двуокись углерода, карбонаты, pH, Eh, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, жесткость, ионы кальция, ионы магния, ионы натрия и калия (суммарно), сумма ионов, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, фосфаты, железо общее, кремний, биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$), химическое потребление кислорода (ХПК), нефтепродукты, фенолы, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), хром общий, марганец общий, цинк, никель, свинец, медь, дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЕ), дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ), α-гексахлорциклогексан (α-ГХЦГ), γ-гексахлорциклогексан (γ-ГХЦГ).

В качестве критерия оценки качества поверхностных вод использовалась, прежде всего, ПДК – предельно допустимая концентрация вещества в воде – концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Сравнением значений определяемых в воде показателей с ПДКр.х. [2] выявлялись случаи высокого (ВЗ) и экстремально высокого (ЭВЗ) загрязнения воды (табл. 1).

По результатам наблюдений в течение года рассчитывается удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) [3], который является комплексным показателем качества воды в данном створе водотока.

Оценка современного состояния качества воды водных объектов Тверской области проводилась по данным мониторинга за 2018 г.

Табл. 1. Критерии высокого и экстремально высокого загрязнения поверхностных вод по [4]

Высокое загрязнение	– концентрация веществ 1 и 2 классов опасности от 3 до 5 ПДК; – концентрация веществ 3 и 4 классов опасности от 10 до 50 ПДК; – для нефтепродуктов, фенолов, соединений меди, железа и марганца – от 30 до 50 ПДК; – величина $БПК_5$ от 10 до 40 мг O_2/л; – снижение концентрации растворенного кислорода до значений от 3 до 2 мг/л; – покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) от 1/4 до 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 км^2; – покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади от 1 до 2 км^2 при его обозримой площади более 6 км^2.
Экстремально высокое загрязнение	– концентрация веществ 1 и 2 классов опасности более 5 ПДК; – концентрация веществ 3 и 4 классов опасности более 50 ПДК; – появление устойчивого, не свойственного воде запаха интенсивностью более 4 баллов; – покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 км^2; – покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади 2 км^2 и более при его обозримой площади более 6 км^2; – снижение концентрации растворенного кислорода до значения 2 мг/л и менее; – увеличение биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) свыше 40 мгO_2/л; – массовая гибель моллюсков, раков, лягушек, рыб и других водных организмов и водной растительности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинговые исследования показали, что чаще всего превышение ПДКр.х. отмечается по таким показателям, как ХПК, $БПК_5$, железо общее, марганец, медь.

В январе значения ХПК колебались в интервале 1,2–3,2 ПДКр.х., а значения $БПК_5$ во всех створах наблюдений не превышали 1,4 ПДКр.х. Максимальная концентрация железа общего была зафиксирована в створе р. Молога – п. Максатиха (контрольный створ) и составила 6,6 ПДКр.х. Концентрации марганца изменялись от 1,3 ПДКр.х. (р. Съежа, д. Порожки) до 28,9 ПДКр.х. (р. Шоша – с. Микулино Городище). Высокие концентрации меди были зафиксированы в створе р. Волга – г. Ржев (выше города); в створе р. Молога – п. Максатиха (фоновый створ) и в створе р. Съежа, д. Порожки, соответственно 15,4; 13,7 и 11,9 ПДКр.х.

Вниз по течению Волги отмечалось увеличение электропроводимости и минерализации воды, максимальные значения наблюдались в створе Иваньковское вдхр. – д. Безбородово (у дна). Наибольшие концентрации цинка отмечались в воде Волги ниже г. Ржев. Концентрации цинка ниже Твери были выше, чем выше города. Максимальные концентрации марганца в воде Волги отмечены в створе Безбородово. Вниз по течению от Ржева к Твери концентрации марганца уменьшались, а потом от Конаково к Калязину (Угличское водохранилище) возрастали.

Максимальные значения ХПКр.х. (4,7 ПДК), марганца (39,2 ПДКр.х.) и железа общего (7,7 ПДКр.х.) в феврале были зафиксированы в створе р. Осуга – г. Кувшиново. Максимальная концентрация меди в 17,0 ПДКр.х. была отмечена в створе оз. Стерж – д. Коковкино, а максимальная концентрация цинка в 4,1 ПДКр.х. в створе р. Медведица – д. Семеновское. В воде реки Волги максимальные значения электропроводимости были

отмечены ниже г. Твери, цинка – ниже г. Ржева, свинца – ниже и выше Ржева, марганца – в створе Конаково.

В марте значения ХПК варьировали в интервале от 1,3 ПДКр.х. (р. Тверца – г.Тверь) до 3,3 ПДКр.х. (р. Молога – Максатиха (фон). Максимальные концентрации меди (22 ПДКр.х.) и цинка (4.9 ПДКр.х.) зафиксированы в Угличском водохранилище у Кимр в поверхностном горизонте. Повышенные концентрации марганца (до 70 ПДКр.х.), зафиксированные в марте в воде некоторых рек Тверской области, связаны со вторичным загрязнением воды марганцем, поступающем в раствор из донных отложений на застойных участках рек в условиях дефицита кислорода и развития восстановительной обстановки. В воде р. Волги максимальные значения электропроводимости и максимальные концентрации марганца и взвешенных веществ наблюдались в створе Безбородово. Максимальные концентрации свинца – в створе Конаково.

В апреле максимальное значение ХПК в 2,9 ПДКр.х. было зафиксировано в створе р. Съежа – д. Порожки, максимальная концентрация железа общего (5,9 ПДКр.х.) наблюдалась в створе р. Цна – г. Вышний Волочек. Повышенные концентрации марганца (до 42 ПДКр.х.), зафиксированные в начале апреля в воде некоторых водных объектов Тверской области, также обусловлены диффузией марганца из донных отложений в аноксийных условиях.

В мае, к концу весеннего периода, можно отметить существенное снижение концентрации марганца в поверхностных водах. Максимальные превышения рыбохозяйственных нормативов по марганцу в пунктах наблюдений снизились от 71 ПДК в марте (гидрологический период – зимняя межень) до 13 ПДК в мае (спад весеннего половодья). Максимальное значение ХПК (3,9 ПДКр.х.) отмечалось в створе р. Тьмака – г. Тверь. Максмальные концентрации железа общего (4,9 ПДКр.х.), марганца (12,7 ПДКр.х.), меди (11.0 ПДКр.х.), цинка (4.3 ПДКр.х.) и свинца (2.3 ПДКр.х.) зафиксированы соответственно в створах: р. Медведица – д. Семеновское, Иваньковское вдхр. – г. Конаково (дно), р. Волга – ниже г. Тверь, Угличское вдхр. – г. Калязин (дно), Угличское вдхр. – г. Калязин (пов).

В июне превышения ПДК зафиксированы в меньшем количестве створов, чем в другие месяцы. Это все створы Иваньковского и Угличского водохранилищ, р. Волга выше и ниже Твери, р. Кашинка – г. Кашин. В июне наблюдались более низкие концентрации марганца, чем в предыдущие месяцы, с максимумом в 5,5 ПДКр.х. в створе Угличское вдхр. – г. Калязин (дно). Наибольшие значения ХПК (2,9 ПДКр.х.) и $БПК_5$ (2,7 ПДКр.х.) зафиксированы в створе Иваньковское вдхр. – д. Безбородово. Ниже Твери в реке Волге отмечались высокие концентрации меди (26 ПДК). В реке Кашинка в створе г. Кашин наблюдались повышенные концентрации нитритов (1,1 ПДКр.х.). Ниже города Тверь и у д. Безбородово – высокие концентрации свинца 1,1 ПДКр.х.

Причины высокого содержания меди в р. Волге выше г. Ржева в июле не установлены. Пониженное содержание кислорода в р. Остречине в г. Бежецке связано с высокой загрязненностью воды органическими веществами и подпорным влиянием плотины, расположенной в устье реки. Максимальные значения ХПК (3,5 ПДК р.х.) и $БПК_5$ (3,7 ПДКр.х) зафиксированы в створе р. Остречина – г. Бежецк, максимальные концентрации железа общего (7 ПДКр.х.) и марганца 8,6 и 8,8 ПДКр.х. – в створе р. Молога – г. Максатиха, меди (40,6 ПДКр.х.) в створе р. Волга – г. Ржев (выше города).

В августе наибольшие концентрации ХПК (3,7 ПДК р.х.) отмечены в створе р. Съежа – д. Порожки, наибольшие значения $БПК_5$ (3,1 ПДКр.х.) и концентрации марганца в 126 ПДК – в створе Иваньковское вдхр. – д. Безбородово, наибольшие концентрации меди (25 ПДКр.х.) и цинка (7,5 ПДКр.х.) зафиксированы в воде р. Волги ниже Твери.

Концентрации в сентябре в створах наблюдений не превышали: ХПКр.х. – 2,7 ПДК (Иваньковское вдхр. – д. Безбородово), $БПК_5$ – 2.3 ПДКр.х. (Иваньковское вдхр. – д. Безбородово), медь – 4,3 ПДКр.х. (р. Тверца – г. Тверь), цинк – 4,7 ПДКр.х. (р. Тверца – г. Тверь).

В октябре в створах наблюдений концентрации не превышали: ХПКр.х. – 2,2 ПДКр.х. (р. Тьмака – г. Тверь), $БПК_5$ – 1,8 ПДКр.х. (Иваньковское вдхр. – д. Безбородово), медь – 10,5 ПДКр.х. (Угличское вдхр. – г. Калязин (пов.), цинк – 4,3 ПДКр.х. (р. Кашинка – г. Кашин), марганец – 10,9 ПДКр.х. (р. Цна – г. Вышний Волочек).

В ноябре максимальные концентрации ХПК (5,0 ПДКр.х), $БПК_5$ (6,1 ПДКр.х) и марганца (11 ПДКр.х) зафиксированы в створе р. Остречина – г. Бежецк, наибольшая концентрация меди наблюдалась в воде р. Волги ниже Ржева, а цинка – в р. Вазузе у д. Дугино.

Концентрации в декабре в створах наблюдений не превышали: марганец – 6 ПДКр.х. (р. Кашинка – г. Кашин), ХПКр.х. – 1,9 ПДКр.х. (Иваньковское вдхр. – д. Безбородово), $БПК_5$ – 1,4 ПДКр.х. (Угличское вдхр. – г. Калязин (пов.), медь – 3,2 ПДКр.х. (р. Волга – Тверь (выше города)), цинк – 4,1 ПДКр.х. (Волга – Кимры).

В 2018 г. зарегистрировано 15 случаев высокого и 6 случаев – экстремально высокого загрязнения (табл. 2–3).

8 случаев ВЗ и ЭВЗ в 2018 г. зафиксированы в Иваньковском водохранилище (табл. 2–3). В основном эти критические несоблюдения нормативов отмечаются по кислороду и марганцу (до 210 ПДК). При дефиците кислорода у дна происходит высвобождение марганца из донных отложений и увеличение концентраций в придонных слоях воды.

В целом за 2018 г. по показателю УКИЗВ наиболее чистым водным объектом из всех объектов мониторинга оказалась р. Тьма (УКИЗВ=2,4, «загрязненная» вода), наиболее грязным – р. Остречина (УКИЗВ=4,0, «очень загрязненная»). К «очень загрязненным» относилась также вода в следующих пунктах наблюдений: р. Молога – п. Максатиха, фон; р. Молога – п. Максатиха, контрольный створ; Иваньковское вдхр. – д. Безбородово; Иваньковское вдхр. – г. Конаково; р. Осуга – г. Кувшиново; р. Съежа – д. Пирожки; Угличское вдхр. – г. Кимры, р. Тьмака – г. Тверь. Во всех остальных пунктах наблюдений вода относилась к классу «загрязненная».

ВЫВОДЫ

Превышения ПДКр.х. в пунктах наблюдений Тверского ЦГМС чаще всего отмечаются по 10 показателям (в порядке убывания частоты случаев): марганец, растворенный кислород, ХПК, цинк, медь, $БПК_5$, железо, свинец, аммоний и нитриты. По некоторым показателям фиксируются концентрации, превышающие ПДК в 30 и 50 раз, что соответствует критериям высокого и экстремально высокого загрязнения.

В 2018 г. наблюдалось 15 случаев ВЗ и 6 случаев ЭВЗ. В основном, эти критические несоблюдения нормативов отмечаются по кислороду и марганцу (до 210 ПДК).

Одной из основных причин ухудшения качества воды является изменение естественного режима стока реки, превращение ее в каскад водохранилищ (по существу, отстойников, которые накапливают оседающие на дно загрязнители, сильно прогреваются на мелководных участках и заболачиваются). Строительство плотин запускает целую цепочку изменений термического, гидрохимического, гидробиологического режима, режима стока наносов в реке, которые вызывают вторичное загрязнение воды.

Табл. 2. Случаи высокого (ВЗ) и экстремально-высокого (ЭВЗ) загрязнения поверхностных вод в пунктах наблюдений Тверского ЦГМС в 2018 г.

№ п/п	Дата отбора пробы	№ пункта набл.	Водный объект, створ, горизонт пункта наблюдений		Показатель, уровень ВЗ, мг/л	Концентрация, мг/л	Кратность превышения $ПДК_{р/х}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	05.02	42333	р. Осуга, г. Кувшиново		$БПК_5$ (от 10 до 40)	19	9,5
2	05.02	42333	р. Осуга, г. Кувшиново		Марганец (0,3–0,5)	0,39	39
3	13.03	42116	р. Молога, п. Максатиха, фон		Растворенный кислород (от 3,0 до 2,0)	2,70	–

1	2	3	4	5	6	7	8
4	13.03	42117	р. Остречина, г. Бежецк		Марганец	0,45	45
5	06.04	42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово, поверхность		Марганец	0,42	42
6	06.04	42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово, дно		Марганец	0,41	41
7	06.04	42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково, дно		Марганец	0,33	33
8	11.04	42305	Угличское вдхр., г. Кимры, поверхность		Марганец	0,30	30
9	11.04	42306	Угличское вдхр., г. Калязин, поверхность		Марганец	0,32	32
10	11.04	42306	Угличское вдхр., г. Калязин, дно		Марганец	0,34	34
11	02.07	42100	р. Волга, г. Ржев, фон		Медь (от 0.03 до 0.05)	0,041	41
12	10.07	42117	р. Остречина, г. Бежецк		Растворенный кислород	2,1	–
13	01.08	42318	оз. Селигер, г. Осташков, дно		Растворенный кислород	2,5	–
14	07.08	42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково, дно		Растворенный кислород	2,2	–
15	13.11	42117	р. Остречина, г. Бежецк		$БПК_5$	12,2	6,1

Табл. 3. Случаи экстремально-высокого (ЭВЗ) загрязнения поверхностных вод в пунктах наблюдений Тверского ЦГМС в 2018 г.

№ п/п	Дата отбора пробы	№ пункта набл.	Водный объект, створ, горизонт пункта наблюдений		Показатель, уровень ЭВЗ, мг/л	Концентрация, $мг/дм^3$	Кратность превышения $ПДК_{р/х}$
1	13.03	42116	р. Молога, п. Максатиха, фон		Марганец (≥0,5)	0,71	71
2	13.03	42116	р. Молога, п. Максатиха, контр.		Марганец	0,57	57
3	07.08	42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово, дно		Марганец	1,26	126
4	07.08	42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково, дно		Марганец	1,22	122
5	04.09	42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково, дно		Раств. кислород (≤2,0)	0,9	–
6	04.09	42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково, дно		Марганец	2,1	210

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://water-rf.ru/Регионы_России/2522/Тверская_область (дата обращения 14 июня 2019 г.
2. Приказ Минсельхоза от 13.12.2016 №552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения". М., 2016.
3. РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону, 2002.
4. Приложение 1 к Приказу Росгидромета от 31.10.2000 №1 56 «О введение в действие порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды». М., 2000.

УДК 528.88

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ПАВОДКООПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Курганович К.А., Шаликовский А.В.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал,
г. Чита, Россия
vostokniivh@mail.ru

Ключевые слова: глубокое обучение, сверточные нейронные сети, дистанционное зондирование, беспилотные летательные аппараты, наводнение, паводкоопасные территории.

Охарактеризованы возможности применения алгоритмов глубокого обучения сверточных нейронных сетей для дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли с целью анализа интенсивности использования паводкоопасных территорий. Представлены примеры использования этих методов при решении задач оценки освоения потенциально опасных участков населенных пунктов Забайкальского края, подверженных затоплению.

THE SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF TRANSBAIKAL REGION INUNDATED TERRITORIES DEVELOPMENT USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS DEEP LEARNING ALGORITHMS

Kurganovich K.A., Shalikovskiy A.V.
Eastern Branch of Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (RosNIIVH), Chita, Russia

Key words: deep learning, convolutional neural networks, remote sensing, unmanned aerial vehicles, inundation, flood prone regions.

The possibilities of convolutional neural networks to remote sensing data analysis are characterized. Examples of these methods using to assessing of Trans-Baikal Territory flood prone regions are presented.

Наводнения являются опасными природными явлениями, влекущими серьезные негативные последствия для экономики. Несмотря на это, из-за недооценки связанного с ними риска, интенсивному использованию и застройке подвергаются участки паводкоопасных территорий [1]. Наводнение 2018 г. в Забайкалье показало, что при длительном отсутствии угрозы затопления, в межпаводковый период территории зачастую активно застраивают и осваивают, что приводит к серьезным ущербам при их затоплении [2]. Поэтому актуальной задачей является пространственно-временной анализ использования территорий, потенциально подверженных затоплению в результате наводнений.

Оценка изменения площадей урбанизированных территорий обычно проводится с целью изучения структуры застройки, микроклимата территорий, перемещения водных и атмосферных загрязнений в городах и связанного с этим ухудшения качества окружающей среды. Такой анализ возможен на основании изучения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученных в разные годы со спутниковых систем или беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). На данный момент накоплено большое количество космических снимков и ортофотопланов местности за разные временные интервалы. В большинстве случаев при этом используются данные ДЗЗ Landsat, SPOT, AVHRR, MODIS и других систем, в которых подвергаются анализу различные многоканальные спектральные

индексы застройки с использованием инфракрасного диапазона спектра [3] – нормализованный разностный индекс застройки (NDBI) [4], индексированный показатель застройки (IBI) [5], индекс урбанизации (UI) [6], индекс застроенности и нарушенности земель (EBBI) [7] и другие. Такой анализ позволяет подвергнуть обработке большие по площади территории крупных населенных пунктов, и выявить процессы урбанизации больших пространственных масштабов. В силу низкого разрешения (порядка десятков – сотен метров) качественного анализа застройки в этих случаях получить не удается.

Для детального анализа урбанизированных территорий используются снимки с пространственным разрешением менее 1 м, типа Quickbird, Ikonos, WorldView, которые имеют распространение в трехканальном формате RGB с использованием панхроматического канала. Кроме того, в детальной оценке застройки можно использовать ортофотопланы местности, полученные с беспилотных летательных аппаратов с разрешением несколько сантиметров. Использование формата RGB из-за отсутствия спектральных каналов изображений, сделанных в инфракрасном диапазоне, не позволяет вычислить указанные выше многоканальные индексы застройки и автоматизировать дешифрирование.

Одним из вариантов является визуальное дешифрирование и оно широко используется на практике на небольших локальных участках, но для анализа изменения застройки на паводкоопасных территориях ручное выделение зданий на космических снимках не подходит из-за большого массива данных высокого разрешения, сделанных в разное время. Обработка такого объема снимков потребует больших затрат времени и труда. Поэтому в данной работе предлагается автоматизировать определение строений на протяженных участках населенных пунктов с использованием алгоритмов глубокого обучения сверточных нейронных сетей (алгоритмов искусственного интеллекта).

В отечественной практике сверточные нейронные сети получили применение в вопросах компьютерного зрения и дешифрирования данных дистанционного зондирования [8], решения задач классификации, распознавания изображений и речевых структур [9]. В мировой практике распространены следующие архитектуры сверточных нейронных сетей для анализа и сегментации изображений – AlexNet [10], VGG [11], ResNet, Inception [12], SegNet [13], U-Net [14], DenseNet [15]. Эти сети уже обучены на больших массивах изображений и существует возможность трансфера весов из предварительно обученных сетей на новый массив данных за счет встраивания работающих нейронных сетей в свою архитектуру.

В вопросах анализа данных дистанционного зондирования Земли глубокое обучение нейронных сетей используется для автоматического детектирования целевых объектов (object detection) [16], семантической сегментации изображений поверхности Земли [17], совмещения данных разных пространственных разрешений с разных спектральных диапазонов и повышения пространственного разрешения снимков [18], стереопроцессинга [19], реконструкции трехмерных сцен [20].

В настоящей работе в качестве исходных данных для анализа использованы данные дистанционного зондирования высокого разрешения Quickbird, Ikonos-2, распространяемые сервисами Google Earth, Bing, а также данные БПЛА, ранее полученные авторами самостоятельно. Все данные представлены в растровом формате Geotiff и имеют координатную привязку в системе WGS-84.

Работа проводилась по следующему плану:

1. Формирование архива ДЗЗ (пространственное разрешение менее 1 м) и БПЛА (ортомозаика разрешением 0,08 м) по исследуемым территориям за разный временной период.

2. Ручная разметка тренировочной выборки данных ДЗЗ и данных БПЛА для дальнейшего конфигурирования нейронной сети с выделением масок объектов разных классов – жилая застройка, огороженные земельные участки, дороги, водные объекты. Для получения более качественной разметки использовались в первую очередь данные БПЛА,

так как они обладают большей детализацией и могут быть использованы в качестве Ground truth для спутниковых данных, полученных в близкое по съемке время.

3. Выбор и конфигурирование предварительно натренированных сверточных нейронных сетей разных архитектур из набора Segmentation models with pretrained backbones (https://github.com/qubvel/segmentation_models.pytorch), используемых для семантической сегментации изображений – SegNET, U-Net, LinkNet и разных энкодеров сверточных сетей – VGG, DenseNet, Inception, ResNet, SE-ResNet, SE-ResNeXt, SENet. В качестве способа оценки точности модели использовалась F-мера (F1 score), а в качестве алгоритма оптимизации – алгоритм адаптивной оценки момента (Adam), визуальное представление точности классификации произведено в виде матрицы ошибок (Confusion matrix).

4. Обучение и тестирование выбранных нейронных сетей с использованием библиотек тензорных вычислений PyTorch в комбинации с архитектурой параллельных вычислений NVIDIA CUDA/cuDNN. При тренировке сетей в целях избегания переобучения использовалась процедура аугментации обучающих образцов изображений на основе библиотеки Python Albumentations (https://github.com/albu/albumentations), включающая в себя случайные процедуры поворота, отражения изображений, изменения их цветового пространства и применения рандомизированных фильтров гауссовского сглаживания.

5. Сравнение результатов сегментации объектов застройки, полученных в процессе обучения на разных нейронных сетях, и выбор наилучшей архитектуры нейронной сети для дальнейшей обработки снимков на реальных данных (рис. 1). Анализ архитектур показал, что наилучший результат по качеству сегментации и скорости обучения показывает архитектура U-Net с энкодером SE-ResNeXt-50 [21].

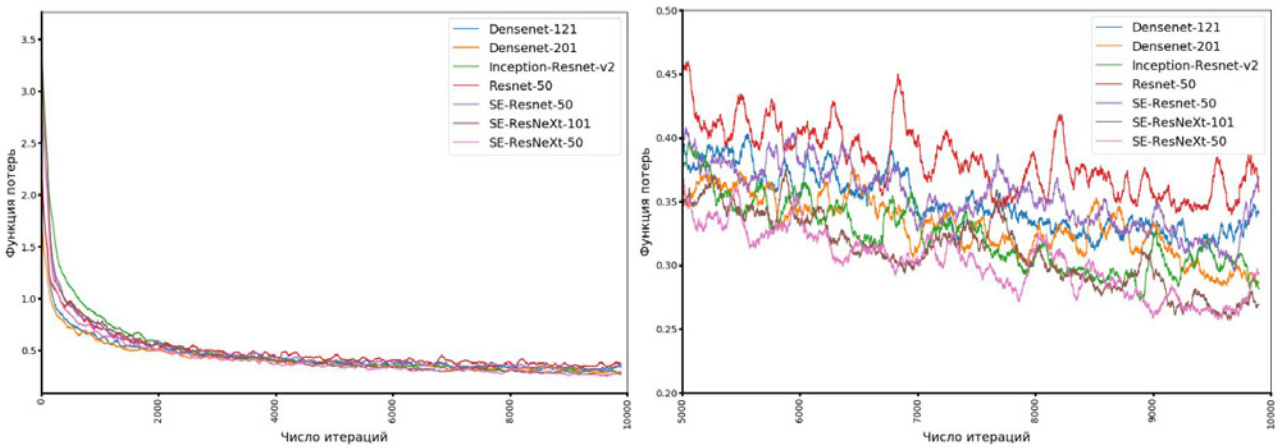


Рис. 1. Кривая обучения по результатам использования разных моделей.

6. Обработка снимков (инференс) на выбранной нейронной сети и визуализация в виде растровых данных объектов, принадлежащих к разным классам застройки территории.

7. Геоинформационный анализ застройки паводкоопасных территорий по дешифрированным космоснимкам разных лет и оценка изменения площади застройки в пределах опасных территорий.

Для формирования обучающей выборки и ее ручной разметки использовано свободно распространяемое ПО QGIS 3.x. Конфигурирование и тестирование сверточных нейронных сетей производилось с использованием языка программирования Python (версия 3.7), свободно распространяемого программного обеспечения – Anaconda, Jupyter Notebook, PyTorch и использования ряда библиотек высокоуровневых математических вычислений, работы с геопространственными данными и изображениями – Numpy, Matplotlib, Scikit-learn, Skimage, GDAL. Для формирования последовательности процедур конфигурирования нейронных сетей использовался проект Deep Networks for Earth Observation (https://github.com/nshaud/DeepNetsForEO) [22].

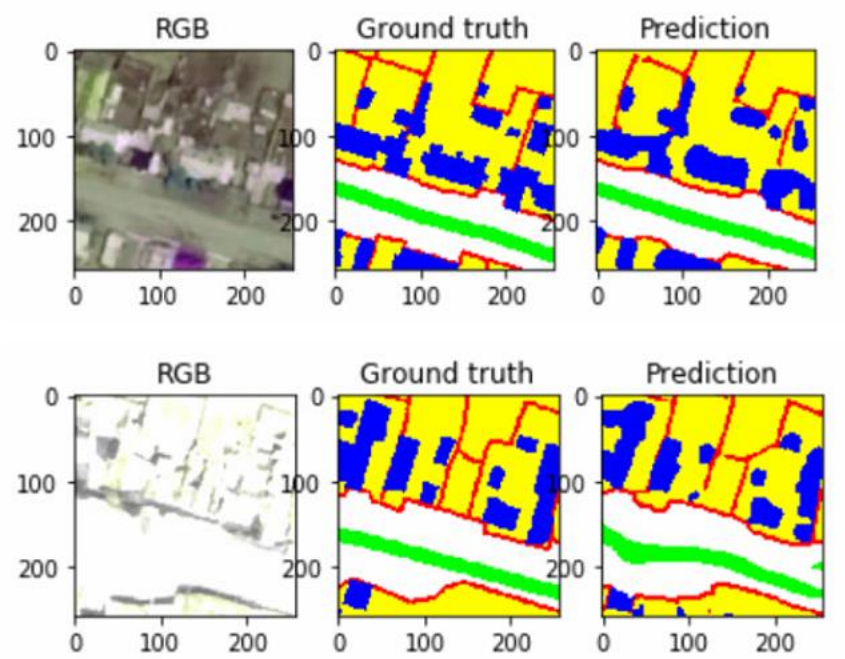


Рис. 2. Сопоставление исходного образца (RGB) для обучающей выборки, тестовой разметки (Ground Truth) и предсказанной по модели (Prediction).

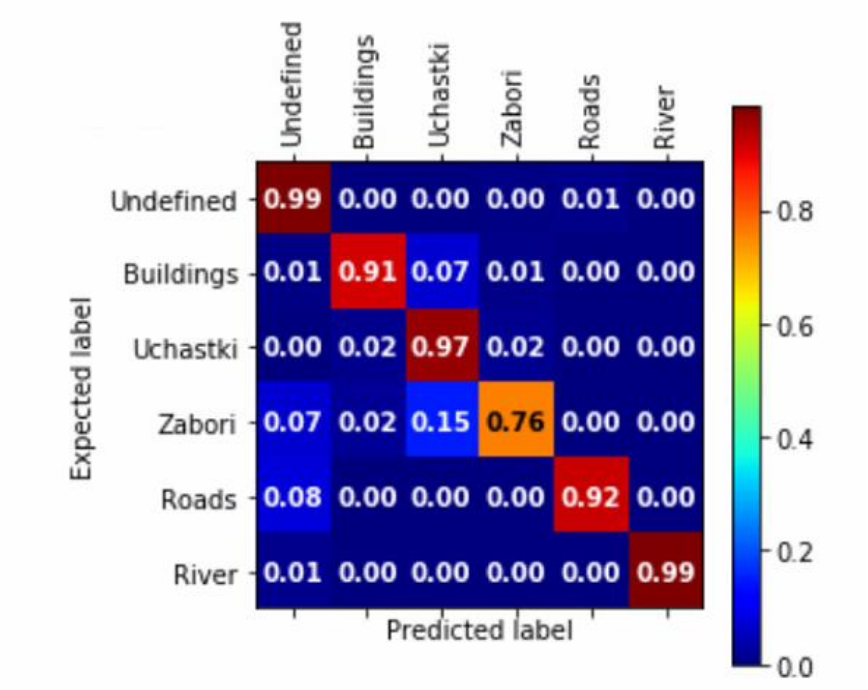


Рис. 3. Матрица ошибок разделения классов на тестовой выборке (Expected label) и предсказанной по выбранной модели U-Net (Predicted label).

В данной работе на выделенных ранее зонах затопления с использованием данных дистанционного зондирования автоматически определены (сегментированы) объекты застройки за разное время и произведена оценка интенсивности этого строительства в межпаводковый период. В качестве объектов исследования выступали пос. Агинское (р. Цаган-Челутай и р. Ага) и г. Чита (р. Чита и р. Ингода). Анализу подвергались космические снимки, полученные в период низкой водности 2008 г. и в период прохождения паводка на реках Забайкальского края в 2018 г. По результатам сегментации получены растровые маски групп объектов выбранных классов.

Геоинформационный анализ застройки в межпаводковый период между 2008 г. и 2018 г. показал увеличение площади застраиваемой территории на паводкоопасных участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Shalikovskiy A., Kurganovich K.* Flood hazard and risk assessment in Russia // Natural Hazards. 2017. Т. 88. № S1. С. 133–147.
2. *Шаликовский А.В.* Наводнение-2018 в Забайкальском крае // В сб.: Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов XVIII Международная научно-практическая конференция: в 3 ч. / отв. ред. А. В. Шапиева. 2018. С. 136–140.
3. *Статакис Д., Перакис К., Савин И.Ю.* Дешифрирование урбанизированных территории по спутниковым данным Landsat // Исследование Земли из космоса. 2012. № 5. С. 22–28.
4. *Zha Y., Gao J., Ni S.* Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery // International Journal of Remote Sensing. 2003. 24:3. С. 583-594, DOI: 10.1080/01431160304987
5. *Xu H.* A new index for delineating built-up land features in satellite imagery // International Journal of Remote Sensing. 2008. 29:14. С. 4269–4276, DOI: 10.1080/01431160802039957
6. *Kawamura M., Jayamanna S., Tsujiko Y.* Relation between social and environmental conditions in Colombo-Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data // ISPRS XXXI Conf. Commission VII. Working Group 9. 09–19 July 1996. Vienna, Austria.
7. *As-syakur A.R., Wayan S.A.* Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area // Remote Sensing. 2012. Vol. 4. Issue 10. P. 2957–2970.
8. *Друки А.А., Спицын В.Г., Болотова Ю.А., Башлыков А.А.* Семантическая сегментация данных дистанционного зондирования Земли при помощи нейросетевых алгоритмов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 1. С. 59–68.
9. *Созыкин А.В.* Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Вычислительная математика и информатика. 2017. Т. 6. № 3. С. 28–59.
10. *Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.* ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Neural Information Processing Systems. 2012. 25. 10.1145/3065386.
11. *Simonyan K., Zisserman A.* Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition // arXiv 1409.1556. 2014.
12. *He K., Zhang X., Ren S.,* et al. Deep Residual Learning for Image Recognition // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016. P. 770-778 DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.
13. *Badrinarayanan V., Kendall A., Cipolla R.* SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 39. № 12. С. 2481-2495. DOI: 10.1109/TPAMI.2016.2644615.
14. *Ronneberger O., Fischer P., Brox T.* U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention MICCAI 2015: Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. Pp 234-241.
15. *Huang G., Liu Z., van der Maaten L., Weinberger K.* Densely Connected Convolutional Networks. 2017. https://arxiv.org/abs/1608.06993.
16. *Xiaozhi C., Huimin M., Ji W., Bo L., Tian X.* Multi-View 3D Object Detection Network for Autonomous Driving // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2017. Pp. 1907–1915.
17. *Castelluccio M., Poggi G., Sansone C., Verdoliva L.* Land Use Classification in Remote Sensing Images by Convolutional Neural Networks. http://arxiv.org/abs/1508.00092. 2015.
18. *Lanaras C., Baltsavias E., Schindler K.* Hyperspectral super-resolution by coupled spectral unmixing // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. 2015. 3586-3594.

19. *Zbontar J., LeCun Y.* Stereo matching by training a convolutional neural network to compare image patches // Journal of Machine Learning Research, 17. 2016.

20. *Hane C., Zach C., Cohen A., Angst R., Pollefeys M.* Joint 3D scene reconstruction and class segmentation // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 97-104. 10.1109/CVPR.2013.20.

21. *Hu J., Shen L., Sun G.* Squeeze-and-excitation networks // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2018. Vol. 4.

22. *Audebert N., Le Saux B., Lefevre S.* Beyond RGB: Very High Resolution Urban Remote Sensing with Multimodal Deep Networks // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2017. https://arxiv.org/abs/1711.08681.

УДК 628.3:551.312.2

ПРОБЛЕМЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД НА БОЛОТО И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Лапина Т. В., Носаль А.П.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт рационального использования и охраны водных объектов», г. Екатеринбург, Россия
ltv0226@mail.ru, nosal_ap@mail.ru

Ключевые слова: водный объект, болото, нормирование, норматив допустимого сброса, фоновые концентрации, фоновый створ, предельно-допустимые концентрации, загрязняющие вещества, водопользователь.

Работа посвящена оценке существующих требований к нормированию сточных вод при сбросе на болота. Приведены сведения об одновременном отнесении болот к землям и водным объектам, а также влияние пограничного положения болот на существующие подходы к нормированию стоков. Показано, что существующая система нормирования не соответствует соблюдению экологического благополучия, а наоборот может привести к ликвидации болота, как водного объекта. Предложены некоторые рекомендации и ограничения, позволяющие сохранить болото как водный объект при сбросе сточных вод. Необходимо внести коррективы в Методику расчета нормативов допустимого сброса, позволяющие использовать болота.

PROBLEMS OF THE CURRENT SYSTEM OF NORMALIZING OF THE WASTE WATER DISCHARGE TO ETLAND AND THE WAYS OF THEIR SOLUTION

Lapina T. V., Nosal A. P.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection,
Ekaterinburg, Russia,
ltv0226@mail.ru, nosal_ap@mail.ru

Key words: water body, swamp, rationing, standard of permissible discharge, background concentrations, background range, maximum permissible concentrations, pollutants, water user.

The article deals with assessing of the existing requirements to regulation of wastewater when discharged to the swamps. Information is given on the concurrent assignment of wetlands to lands and water bodies, as well as the influence of the boundary position of wetlands on existing approaches to normalizing of discharges. The authors have shown that the existing system of normalizing does not correspond to the observance of environmental safety, but on the contrary can lead to the elimination of a swamp as a water body. Some recommendations and limitations have been proposed that allow the bog to be preserved as a water body when discharging waste waters. It is necessary to make adjustments to the Methodology for calculating standards for permissible discharge that allow to use swamps.

Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты является одной из самых распространенных целей водопользования. В составе материалов, необходимых для получения разрешительных документов, важную роль играет проект нормативов допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ со сточными водами в поверхностные водные объекты, который должен разрабатываться при водоотведении в любой поверхностный водный объект независимо от его типа: водоток, водоем, море, болото. При нормировании должны учитываться особенности разбавления и ассимиляции загрязняющих веществ в конкретном типе водного объекта.

В действующей «Методике разработки нормативов допустимого сброса веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» [1] приведены методы и

алгоритм расчета НДС для водотоков, водоемов и прибрежных зон морей, но отсутствуют рекомендации по нормированию при сбросе в болото.

Болото – природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее собой отложение торфа, насыщенное водой, и покрытое специфической растительностью.

В соответствии с ст. 5 Водного кодекса Российской Федерации [2] болота также относятся к поверхностным водным объектам, однако отсутствует нормативная база, позволяющая учитывать специфику торфяных болот и их водных ресурсов при выдаче документов водопользователям.

Учитывая особенности болот как водных объектов, их переходное положение между сушей и водой, нормирование сброса сточных вод на них обязано отражать специфические условия воздействия на болотные экосистемы. Действующее законодательство не имеет однозначной трактовки о месте болот среди природных компонентов.

Политика взаимоотношений «Природопользователь-Государство» в России сейчас построена на принципе «загрязнитель платит», однако меры превентивного характера, направленные на сокращение выбросов/сбросов в окружающую среду, достаточно жесткие, и в большинстве случаев недостижимы [3]. Безусловно, они в какой-то степени способствуют бережному отношению к окружающей среде, но мало подходят к определению слова «рациональное». При использовании болот, когда оно занимает промежуточное положение между водным и лесным (земельным и т.д.) фондами, это способствует еще и тому, что на местах выявляются разночтения в правоприменительной практике, перехлестом требований и условий их использования при сбросе сточных вод. Имеет место некая внутренняя политика территорий или ведомств, позволяющая трактовать сброс на болота как сброс на фильтрационные поля, поля орошения и т.п., то есть участки, находящиеся вне зоны ответственности Росводресурсов.

В результате совокупности целого ряда причин (отсутствие в методике учета специфики болот, исключение из общей «Методики…» пункта, допускающего учитывать ассимилирующую способность водоприемника, невозможность получить согласованные фоновые концентрации болотных вод и утвердить их в установленном порядке в качестве норматива качества воды и т.д.) в подавляющем большинстве случаев разработка проектов НДС при сбросе на болото сводится к нормированию строго по ПДК.

В настоящее время подразделения Росгидромета обязывают водопользователей нормировать стоки на уровне рыбохозяйственных ПДК, ссылаясь на отдельные пункты РД 52.24.622−2017 «Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод» [4]. Данное требование обосновывается наличием гидравлической связи болота со смежными водными объектами и необходимостью соблюдения нормативов качества в водотоках и водоемах. При этом болотные воды по определению содержат значительное количество органических веществ и продуктов их трансформации, во много раз превышающее значения рыбохозяйственных ПДК. Поэтому требование достижения рыбохозяйственного ПДК одновременно игнорирует факт недостижимости и несет негативные последствия с точки зрения сохранения экологического благополучия болота как водного объекта.

Наличие в болотной воде определенных веществ с повышенным содержанием является необходимым условием существования болота. При достижении ПДК в болотной воде (например, по значениям pH, ХПК, железа, фенолов, азота аммонийного и др.) болото как полноценный самостоятельный водный объект будет деградировать относительно своего первичного состояния, что противоречит задачам нормирования. Иными словами, некритичное применение рыбохозяйственных ПДК в качестве нормативов допустимого сброса для болот ведет к сукцессии и деградации болота.

Практическое решение вопроса нормирования при сбросе на болота в рамках действующей «Методики…» требует добавления в нее специального раздела, который при невозможности объективного учета разбавления и ассимиляции загрязняющих веществ в болоте позволял бы рационально регламентировать сброс сточных вод на болото, определял

порядок и последовательность дополнительных работ при этом. Ниже приведено краткое изложение рекомендуемого алгоритма нормирования сброса сточных вод на болото, разработанного в рамках проекта ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» [5].

На первом этапе действующим и потенциальным водопользователям необходимо провести обследование болота и составить соответствующий акт с анализом текущей ситуации относительно гидравлической связи с дренирующими болото водными объектами, определить наличие/отсутствие внутриболотной гидрографической сети и возможность установления контрольного створа на болоте. Наличие данного обследования позволит исключить искусственное занижение нормативов качества используемых при нормировании.

При наличии гидравлической связи с другими водными объектами необходимо получить подтверждение приоритетного целевого использования водных объектов, дренирующих болото:

– для рыбохозяйственных водных объектов – выписка из государственного рыбохозяйственного реестра (ГРР) или справка от уполномоченных организаций Росрыболовства о включении участка водного объекта, дренирующего болото, в границы рыбопромыслового участка или рыбохозяйственной заповедной зоны с предоставлением схемы и перечня видов водных биологических ресурсов, обитающих в указанном водном объекте;

– для водных объектов, используемых в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения – сведения о включении участка водного объекта, дренирующего болото, в границы зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водоснабжения с указанием устанавливающего документа и ситуационным планом (исполнительные органы субъекта РФ или Роспотребнадзор).

Таким образом, при отсутствии утвержденных экологических нормативов качества воды определяется диапазон из действующих нормативов качества (ПДК), являющихся приоритетным с учетом общего воздействия на гидрографическую сеть.

Важным пунктом нормирования является установление фоновых концентраций и их учет. В случае с водотоками и водоемами фоновые концентрации учитываются при расчете разбавления. В случае сброса на болота даже наличие установленного фона не дает возможности его применить в рамках действующей «Методики…». Как упоминалось выше, количество некоторых веществ в болотных водах значительно отличается от ПДК и их достижение ведет к деградации и даже ликвидации болота как водного объекта. Фоновые концентрации загрязняющих веществ в болоте-водоприемнике следует определять с целью уточнения (подтверждения) перечня типоморфных показателей, имеющих высокие концентрации, обусловленные природным качеством болотных вод, а также расчета природного фонового содержания, допускаемого к использованию как норматива качества воды. К типоморфным показателям для всех типов болот относятся аммоний-ион, нитрит-анион, фосфаты (по фосфору), ХПК, $БПК_5$ ($БПК_{полн}$), марганец, медь, железо общее, нефтепродукты (нефть). Высокие концентрации указанных компонентов в болотах определяются природными процессами, протекающими в торфяной залежи болот, и не являются следствием процесса техногенного загрязнения. Ориентируясь только на ПДК, нельзя провести адекватный анализ экологического состояния заболоченных территорий [6].

При нормировании допустимого сброса загрязняющих веществ для конкретного болота может использоваться комбинация из всех трех разновидностей нормативов качества воды:

– для типоморфных показателей – адаптированные к болотам нормативы качества, основанные на определении условного природного фона конкретного болота или регионального фона для болот;

– для остальных показателей – гигиенические и рыбохозяйственные ПДК в соответствии с критериями (для типоморфных показателей также при отсутствии данных по фоновым концентрациям).

Описания принципиальных схем обоснования расположения пунктов гидрохимического мониторинга на болоте (установление фоновых и контрольных створов) приведены в отчете о научно-исследовательской работе по теме «Разработка предложений по организации, составу и

порядку проведения мониторинга болот при осуществлении сброса на них сточных вод» [7, 8]. Правильное назначение контрольного и особенно фонового створа позволит получать достоверную информацию, отражающую специфику болотных вод и пригодную для учета при назначении нормативов допустимых сбросов и иных видов регламентирования.

Потенциал ассимилирующей способности болота ограничен и зависит от масштабов болота, длины транзитного потока по болотному массиву до дренирующего водотока или водоема, а также объемов сбрасываемых сточных вод. При больших объемах и интенсивности водоотведения может происходить размыв торфяной толщи и формирование дополнительных звеньев внутриболотной гидрографической сети, примыкающей к дренировавшим ранее водным объектам. В связи с этим необходимо введение неких ограничений по объему сбрасываемых стоков. Для этого проводится расчет, обосновывающий допустимые объемы сточных вод, исходя из минимизации трансформации болотных микроландшафтов и увеличения степени его дренированности. Методы его определения отличаются для действующих и проектируемых выпусков сточных вод, а также зависят от текущего состояния болота, являющегося водоприемником.

Метод расчета объема допустимого сброса для действующих выпусков определяется по результатам обследования текущего состояния болота и выявленных направлениях его негативной трансформации под воздействием сброса сточных вод: активизация эрозионных процессов (появление дополнительных звеньев внутриболотной гидросети, врезанных в торфяную толщу под воздействием сточных вод, т.е. промоин; деградация первичной болотной растительности вдоль линии стекания на участке более чем 10 % от общей площади болота) [9].

При отсутствии дополнительных звеньев внутриболотной гидросети и деградации болотной растительности на участке менее 10 % утверждаемый годовой объем сточных вод следует принимать равным максимальному фактическому годовому объему за последние 5 лет.

При наличии дополнительного звена внутриболотной гидрографической сети расчет объема допустимого сброса ведется, исходя из необходимости минимизировать воздействие смешанного потока сточных и болотных вод на водный объект, дренирующий болото. При нормативном качестве сточных вод на выпуске соотношение объема болотных вод к сточным водам в устьевой части в пропорции 2:1 обеспечивает минимальное воздействие на дренируемый водный объект. Расчет притока болотных вод к дополнительному звену внутриболотной гидрографической сети необходимо проводить в соответствии с рекомендациями СТО ГУ ГГИ 08.30-2011 «Методические рекомендации по расчету стока с осушенных и неосушенных болот» [10]. Минимальный сток межени теплого периода согласно рекомендаций рассчитывается по методу фильтрационных характеристик и применим для неосушенных верховых болот и низинных болот на слабоводопроницаемых грунтах.

Фильтрационный расход болотных вод к расчетному контуру стекания при наличии информации о структуре болотного массива (распределении микроландшафтов относительно линий стекания) определяется по формулам:

– для болот без транзитного стока

$$Q_L = q_{z1}\, l_1 + q_{z2}\, l_2 + \ldots + q_{zn}\, l_n, \qquad (1)$$

– для болот с транзитным стоком

$$Q'_L = (q_{z1}\, l_1 + q_{z2}\, l_2 + \ldots + q_{zn}\, l_n) - (q'_{z1}\, l'_1 + q'_{z2}\, l'_2 + \ldots + q'_{zn}\, l'_n), \qquad (2)$$

где Q_L (Q'_L) – расход воды, стекающей с болотного массива или его части без транзитного стока (с транзитным стоком), л/с;

L – расчетный контур стекания, км (за контур стекания принимается либо длина существующего дополнительного звена гидрографической сети от выпуска до дренирующего водного объекта, либо при начальной стадии развития его экстраполированная длина по линии стекания);

q_{z1}, q_{z2}, q_{zn} (q'_{z1}, q'_{z2}, q'_{zn}) – единичные расходы для 1, 2, n-ого микроландшафтов, примыкающих к расчетному контуру стока /вытекания/ (контуру стекания), л/с км;

l_1, l_2, l_n (l'_1, l'_2, l'_n) – длины участков спроектированного контура вытекания (стока) для каждого болотного микроландшафта, км.

Если дополнительное звено проходит по тальвегу заболоченного сточного или проточного лога, особенно низинных болот, расчет проводится по формуле для болот с транзитным стоком. Для всех остальных случае расположения болота расчет проводится по формуле без транзитного стока.

Контур стока по дополнительному звену является линейным объектом, к которому болотные воды притекают с обоих сторон: локальный дренаж болотных вод идет с обоих берегов. Суммарный приток $Q_{бол}$ принимается удвоенным, т.е.

$$Q_{бол} = 2\ Q_L = 2\ Q'_L. \quad (3)$$

Протяженность контура стекания принимается по данным анализа съемки или маршрутного обследования.

Минимальные уровни болотных вод ($z_{мин}$) различной вероятности превышения для болотных микроландшафтов выбираются из вспомогательных таблиц Методических рекомендаций [10]. При отсутствии в таблицах заданного микроландшафта требуемый уровень определяется с помощью таблицы соответственных уровней для обеспеченности 75 %.

Величина q_z соответствующего микроландшафта определяется по заданному уровню болотных вод (z) из таблиц Методических рекомендаций [10].

При наличии измеренных уклонов поверхности болота ($i_{изм}$) исследуемых микроландшафтов, отличающихся от уклонов ($i_{табл}$) использованных при расчете $q_{ztабл}$, единичные фильтрационные расходы ($q_{zрасч}$) определяются по формуле:

$$q_{zрасч} = q_{ztабл}\ i_{изм} / i_{табл.} \quad (4)$$

После установления объема притока сточных вод промоине производится определение допустимого расчетного объема сброса сточных вод $Q_{пред.}$ равного ½ от вычисленного расхода $Q_{бол}$.

Пример определения утверждаемого объема сброса сточных вод в болото, дренируемое другим водным объектом, при наличии дополнительных звеньев внутриболотной гидрографической сети (существующие выпуски сточных вод).

Исходные данные. Болото Кудельное находится на склоне долины р. Бобровки, дренирующей болото. Болото относится к низинному типу, преобладают осоково-гипновые микроландшафты. На болото в течение 12 лет производился сброс с очистных сооружений населенного пункта. В результате многолетнего круглогодичного воздействия сточных вод на участке болота ниже оголовка сбросного коллектора в торфяной залежи сформировалась промоина (дополнительное звено внутриболотной гидрографической сети), по которой болотные и сточные воды поступают в дренирующую реку. Длина промоины до дренирующего водотока составляет 0,6 км.

Сбрасываемые сточные воды концентрируются в промоине, не контактируя с прилегающей торфозалежью. В результате, на протяжении транзитного участка сточные воды разбавляются дренируемыми болотными водами. Для прекращения эрозионных процессов и обеспечения поступления в р. Бобровку общего стока с качеством, соответствующим принятым нормативам в дренирующем водотоке, необходимо соблюдение смешения сточных вод с болотными в пропорции 1:2 в наименее благоприятных условиях.

Расчет притока болотных вод к дополнительному звену внутриболотной гидрографической сети проводится в соответствии с Методическими рекомендациями [10]. Объем притока болотных вод к промоине определяется для минимальной летней межени по формуле (1) без транзитного стока.

На всем протяжении болота преобладает один вид микроландшафта – осоково-гипновый. Сведения о детализации болотного микроландшафта отсутствуют.

Среднегодовой уровень болотных вод принят для обеспеченности 75 %. В отчете [9] единичные расходы $q_{z\text{табл}}$ представлены для уклона поверхности болот $i_{\text{табл}} = 0{,}0002$. Обследование показало, что фактический уклон поверхности болота равен $i_{\text{изм}} = 0{,}00055$.

Исходя из сведений о фактическом уклоне, проводится уточнение единичного расхода по формуле (4):

$$q_{z\text{расч}} = 0{,}24 \times 0{,}00055/0{,}0002 = 0{,}66 \text{ л/с·км}.$$

Приток болотных вод к промоине составляет:

$$Q_{\text{бол}} = 2 \times 0{,}66 \times 0{,}6 = 0{,}792 \text{ л/с}.$$

С учетом принятого соотношения между сточными болотными водами 1:2 расчетный объем сточных вод равняется 0,396 л/с или 1,43 м^3/час (34,3 м^3/сут).

Фактический объем сточных вод по существующему выпуску, согласно действующего разрешительных документов, составляет 11,315 тыс. м^3/год или 31 м^3/сут.

Поскольку расчетный расход сточных вод, при котором не наблюдается негативная трансформация болота, больше фактического объема водоотведения, последний рекомендуется принять как утверждаемый объем для выпуска сточных вод в болото Кудельное: 11,315 тыс. м^3/год, 31 м^3/сут, 1,29 м^3/час.

Водоотведение сточных вод на осушенные болота имеет смысл рассматривать в контексте их восстановления (рекультивации), что является важной социальной задачей для целого ряда регионов России, особенно в Европейской части страны. Оптимальный и беззатратный выход – дать возможность водопользователю, осуществляющему сброс сточных вод на болото и де-факто осуществляющему рекультивацию болота на осушенном участке болота, использовать рекультивируемый болотный участок или его часть как биоинженерное сооружение (биоплато и т.п.) для доочистки отводимых сточных вод и других нужд (противоаварийное или противопожарное мероприятие, пр.). В этом случае водоотведение через болото позволяет добиться сбалансированного сочетания экологических, экономических и социальных интересов в пределах определенной территории. Для реализации данной возможности в перспективе в Водном Кодексе РФ необходимо ввести положение о возможности использования акватории болота для охраны водных объектов с созданием вспомогательных инженерных сооружений и использованием специфических особенностей функционирования болот [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей, утв. приказом Минприроды России № 333 от 17.12.2007.
2. Водный кодекс Российской Федерации. Принят 12.04.2006. Официальный интернет-портал правовой информации: www.pravo.gov.ru.
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Опубл. в Официальном Журнале № L 327, 22.12.2000. С. 1.
4. РД 52.24.622−2017. Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод. – Ростов-на-Дону. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2017. 96 С.
5. Постановление Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350 «О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах"».
6. *Воистинова Е.С., Харанжевская Ю.А.* Особенности химического состава вод болотных ландшафтов таежной зоны Западной Сибири в условиях интенсивной антропогенной нагрузки // Вода: химия и экология. 2013. № 8. С. 8–15.

7. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработка предложений по организации, составу и порядку проведения мониторинга болот при осуществлении сброса на них сточных вод. Этап 2. Критическая оценка современных нормативно-методических документов, касающихся проведения мониторинга на болотах при их использовании. Современное состояние и анализ проблем практического проведения на болотах и возможности использования данных мониторинга для нормирования воздействия на болота в различных регионах России. Обоснование состава мониторинговых наблюдений на естественных и антропогенно-нарушенных болотах с целью получения дополнительной информации, необходимой для разработки составляющих нормативов допустимого воздействия. предложения по организации, составу и порядку проведения мониторинга болот при осуществлении сброса сточных вод на болота на основании опыта полевых работ (промежуточный)» (ФГБУ РосНИИВХ), Екатеринбург, 2016. 71 с.
8. *Лапина Т.В.* К вопросу объективного проведения гидрохимического мониторинга болот // Проблемы геологии и освоения недр. Т. I. Труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, Томск, 2017. С. 552–554.
9. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработка научно-обоснованных предложений по разработке нормативов допустимого воздействия на болота и установлению нормативов допустимых сбросов веществ на болота для водопользователей. Этап 2. Материалы проведения полевых работ по оценке характеристик естественных и антропогенно-нарушенных болот на территории субъектов Российской Федерации и научно-обоснованные предложения и рекомендации по разработке нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов для водопользователей с учетом особенностей болот–водоприемников. Том 2». (ФГБУ РосНИИВХ), Екатеринбург, 2017. 138 С.
10. СТО ГУ ГГИ 08.30-2011. Методические указания по расчетам стока с неосушенных и осушенных болот. СПб, 2011. 108 С.
11. *Лапина Т.В.* Совершенствование системы нормирования сбросов загрязняющих веществ в сточных водах при водоотведении на болота // Eurasia Green. Тезисы работ участников Международного конкурса научно-исследовательских проектов молодых ученых и студентов. Екатеринбург, Изд-во Уральского государственного экономического университета, 2019. С. 37–43.

УДК 556.3:502.175(470.56)

О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ

Леонтьева Т.В.
Институт экологических проблем гидросферы, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»
г. Оренбург, Россия
tvleon@mail.ru

Ключевые слова: водные ресурсы, защищенность природных вод от загрязнения и истощения, аккумуляция водного стока.

Восточное Оренбуржье отличается резким дефицитом вод хозяйственно-питьевого и промышленного назначения. Это тормозит социальное и экономическое развитие территории. Воды аккумулируются в водохранилищах, но при этом теряется много воды на испарение. Этот способ накопления воды не обеспечивает не только перспективное развитие региона, но и текущие потребности в водных ресурсах. Поэтому существует необходимость освоения и внедрения новых технологий, связанных с восполнением запасов вод на водозаборах подземных вод. Обоснованию условий внедрения таких технологий с учетом особенностей климата, геологического строения и характера защищенности территории от загрязнения и посвящена работа.

ABOUT THE NEED TO IMPROVE WATER MANAGEMENT ON THE TERRITORY OF EASTERN PART OF ORENBURG REGION

Leontyeva T. V.
Orenburg State University Institute of Environmental Problems of Hydrosphere.
Orenburg, Russia
tvleon@mail.ru

Key words: water resources, protection of natural waters against pollution and depletion, accumulation of water flow.

Eastern Orenburg region is characterized by a sharp shortage of water for economic, drinking and industrial purposes. This hinders further social and economic development of the territory. Water accumulates in reservoirs, but, at the same time, a lot of water is lost for evaporation. This method of water accumulation does not provide not only the long-term development of the region, but also the current needs of water resources. Therefore, there is a need for the development and introduction of new technologies related to the replenishment of water reserves in groundwater intakes. This work is devoted to the substantiation of the conditions for the introduction of such technologies taking into account the peculiarities of the climate, geological structure and the nature of protection of the territory from pollution.

Восточное Оренбуржье расположено вблизи с пустынями Центральной Азии. Величина испарения здесь в 2–3 раза превышает количество атмосферных осадков, что обусловило острый водный дефицит, препятствующий социально-экономическому развитию региона и освоению богатейших минерально-сырьевых ресурсов [1, 3, 4].

Материалы и методы исследования

Для преодоления указанных трудностей и разработки соответствующих мероприятий автором составлен, а также использован из числа имеющихся комплекс карт гидрогеологической, геоморфологической, геологической, водного стока (рис. 1), карта-схема техногенной нагрузки на окружающую среду (рис. 2), карта, отражающая степень загрязнения территории (рис. 3), и схема типизации по защищенности природных вод от загрязнения (рис. 4).

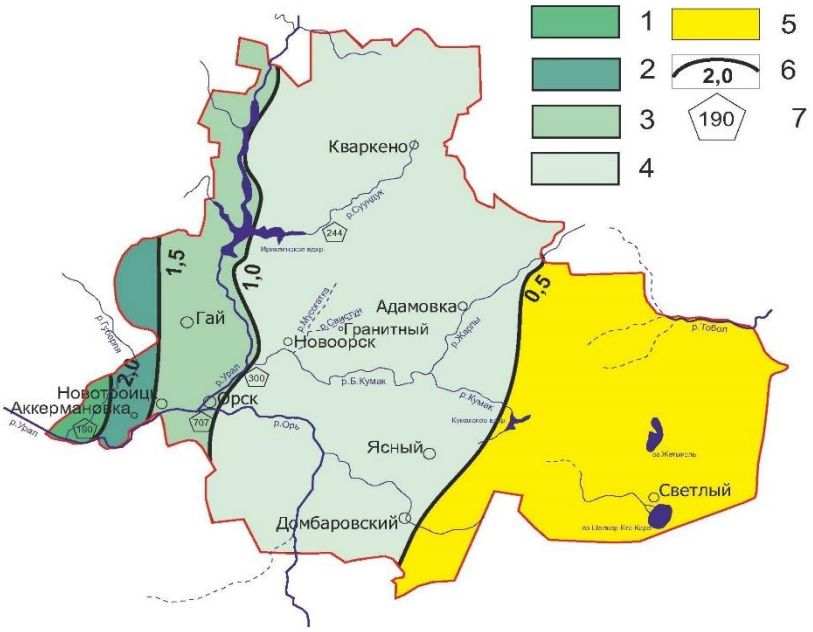


Рис. 1. Карта модулей общего стока территории Восточного Оренбуржья (составил автор с использованием [1]): общий сток в л/с × км^2: 1 – до 2; 2 – 2 – 1,5; 3 – 1,5 – 1; 4 – 1 – 0,5; 5 – более 0,5; 6 – границы модулей общего стока; 7 – границы территории исследования.

Карта водного стока свидетельствует о резком уменьшении величины водного стока с северо-запада территории в направлении на юго-восток. Модуль водного стока уменьшается от 2 л/сек с км^2 до 0,5 л/сек с км^2 и меньше. Испаряемость в том же направлении возрастает от 350–400 мм до 800–900 мм. В условиях аридизации климата техногенная нагрузка ведет к более негативным результатам, чем в условиях гумидного климата, который характерен для более северных районов Урала. Это становится очевидным при сравнении карты-схемы техногенной нагрузки на окружающую среду с картой, отражающей степень загрязнения этой территории. При сравнении территории Восточного Оренбуржья с более западными районами области и более северными районами Челябинской области и Башкортостана становится очевидным: 1) насколько меньшими ресурсами обладает Восточное Оренбуржье по сравнению с соседними районами Урала и Приуралья; 2) более значительная степень уязвимости к загрязнению и осолонению исследуемой территории по сравнению с теми же районами (рис. 2, 3). Слабая защищенность от загрязнения требует применения более совершенных природоохранных технологий при дальнейшем освоении территории Восточного Оренбуржья. Чтобы осуществить эту идею нами построена схема типизации территории по защищенности от загрязнения (рис. 4). На схеме выделены площади, отличающиеся различной степенью защищенности от загрязнения природных вод (поверхностных и подземных). Эти площади характеризуются особенностями инженерно-геологического разреза и наиболее значительной степенью защищенности от загрязнения. Второй тип площадей отличается несколько пониженной защищенностью. Мощность покровных слабо проницаемых пород не превышает 5–10 м. Третий тип включает площади покровные, слабо проницаемые отложения которых составляют не более 5 м. Они практически не защищены от загрязнения [1, 2].

В целом, территория Восточного Оренбуржья, отличается невысокой защищенностью природных вод от загрязнения, по сравнению со смежными районами. Исследуемая территория характеризуется относительно высокой тектонической трещиноватостью слагающих пород. Гидрогеологические структуры ее раскрыты, контролируя подземный сток. При техногенно нарушенном гидрогеологическом режиме, остром водном дефиците растет их минерализация, снижается качество и уменьшается защищенность по отношению к загрязнению. Полностью не защищены от загрязнения приречные зоны. К ним приурочено сосредоточение природных вод как поверхностных, так и подземных (рис. 4). Рационально их использовать, защитить от

истощения и загрязнения, возможно, только путем внедрения технологий по восполнению их запасов. Только реализация таких проектов может полностью обеспечить социально-экономическое развитие региона на значительную перспективу [5, 6].

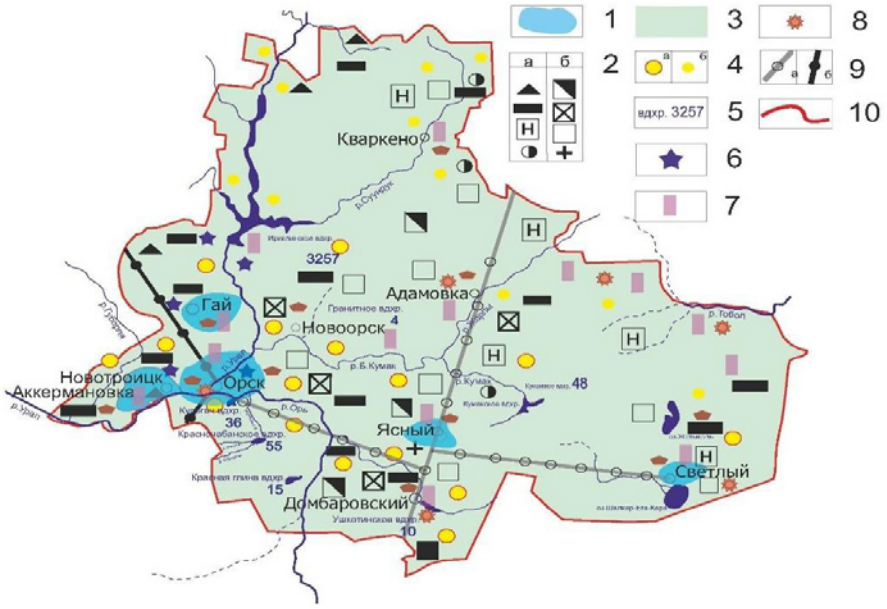


Рис. 2. Схематическая карта техногенной нагрузки на окружающую среду Восточного Оренбуржья (составил автор с использованием [1]):

1 – промышленно-городская застройка; 2 – месторождения полезных ископаемых (МПИ) и горнодобывающие предприятия: 2а – рудные МПИ; 2б – нерудные МПИ; 3 – сельскохозяйственные угодья; 4 – площади с гидромелиорацией в га: а – до 50, б – 50–1000; 5 – искусственные водохранилища; 6 – энергетические предприятия; 7 – селитебная зона; 8 – животноводческие комплексы, фермы; пищевая промышленность; 9 – газо- и нефтепроводы; 10 – границы района исследований.

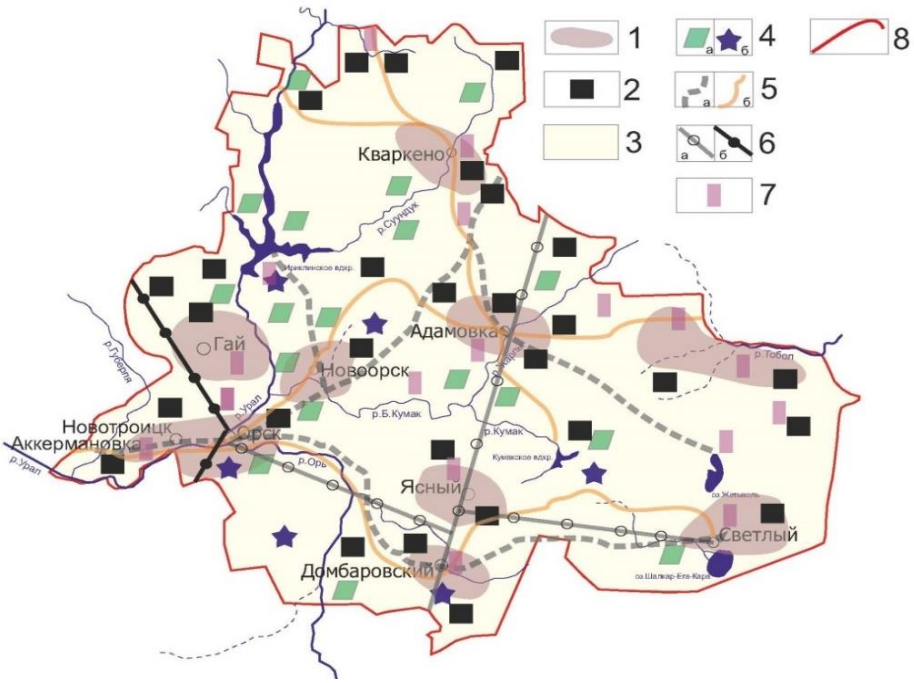


Рис. 3. Схематическая карта загрязнения природных вод на территории Восточного Оренбуржья (составил автор использованием [1]).

Ареалы загрязнения от: 1 – промышленно-городской застройки; 2 – МПИ и горнодобывающих предприятий; 3 – сельскохозяйственных полей и объектов; 4 – гидромелиоративной инфраструктуры; 5 – гидротехнических объектов; 6 – транспортных (автомобильных и железнодорожных путей сообщения, газо- и нефтепроводов); 7 – жилой застройки и животноводческих комплексов, ферм, пищевой промышленности; 8 – границы исследуемой территории.

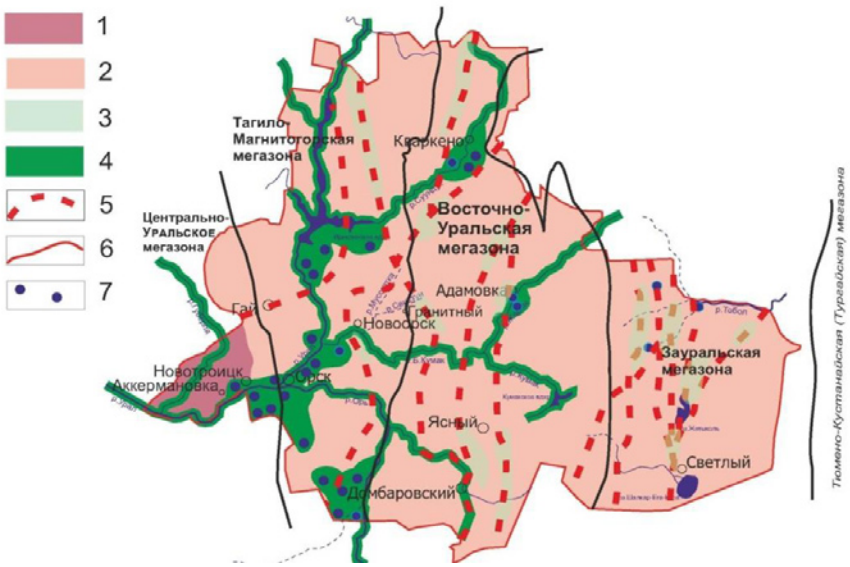


Рис. 4. Схема типизации по защищенности природных вод от загрязнения (составил автор по данным [1]): типы районов: 1 – защищенные от загрязнения с мощностью покровных слабо проницаемых пород до 20 м с $К_ф$ < 0,01 м/сут; 2 – слабо защищенные от загрязнения с мощностью покровных слабопроницаемых пород в 5–10 м с $К_ф$ 0,5 м/сут, местами 1–5 м/сут; 3 – почти не защищенные от загрязнению, с отсутствием местами слабопроницаемых покровных отложений с $К_ф$ 5 м/сут и более; 4 – весьма неустойчивые к загрязнению, с $К_ф$ 20–50 м/сут поровых и порово-пластовых коллекторов аллювиальных отложений, а местами трещинно-жильных коллекторов с $К_ф$ до 1000 м/сут и более; 5 – зоны сосредоточения трещинно-жильных вод; 6 – граница района исследований; 7 – скважины с дебитом Д ≥ 0,3 л/с.

ВЫВОДЫ

С использованием охарактеризованного комплекса карт возможно прогнозировать наиболее благоприятные варианты размещения производительных сил с построением соответствующих перспективных схем дальнейшего освоения территории. Площади, которые можно рекомендовать под размещение наиболее экологически опасных объектов, должны обладать наиболее высоким уровнем защищенности от загрязнения. Такие площади обычно приурочены к водоразделам. Водоохранные мероприятия сводятся здесь к относительно небольшим затратам, связанным с планировкой (срезкой) и локализацией водного стока. Кроме того, регламентируется техногенная нагрузка. Она распределяется в зависимости от степени защищенности территории. Ограниченно используются площади, занимающие слабо защищенные участки, в частности, расположенные вблизи водоемов и зон сосредоточения подземных вод. В этих зонах не рекомендуется размещать инженерную инфраструктуру, не связанную с водохозяйственной деятельностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаев А.Я.* Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод: уч. пос. Свердловск: Изд-во Урал, ун-та, 1989. 368 с.
2. *Гаев А.Я.* Фундаментальные и прикладные проблемы гидросферы. Часть 1. Основы гидрогеологии: учеб. пособие. М.: Университетская книга, 2016. 160 с.
3. Гидрогеология СССР. М.: Недра, 1972. Т. 43. 272с.
4. *Леонтьева Т.В.* Гидрогеологические условия водохозяйственного освоения территории Восточного Оренбуржья // Устойчивое развитие горных территорий Кавказа: коллективная монография по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием г. Грозный, 2018. Т. 1. С. 147-180.
5. *Леонтьева Т.В.* Вопросы методики гидрогеологических исследований и обоснование возможности восполнения запасов подземных вод // Известия вузов Кыргызстана. Бишкек, 2018. № 2. С. 14-17.
6. *Леонтьева Т.В.* Пути возможного увеличения продуктивности действующих водозаборов Восточного Оренбуржья // Наука новые технологии и инновации. Бишкек, 2018. № 3. С. 20–23.

УДК 551.58

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА УСТОЙЧИВОЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ВОДНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лысов В.В.
Департамент Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по Уральскому федеральному округу, г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: глобальное потепление, климат, антропогенный фактор, благоприятные и неблагоприятные изменения климата, парниковый эффект.

В докладе сообщается о глобальном потеплении и его негативных последствиях на водную безопасность как России, так и мира в целом.

GLOBAL WARMING AND ITS IMPACT ON SUSTAINABLE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT AND WATER SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Lysov V.V.
Roshydromet UFO Departament, Ekaterinburg, Russia

Key words: global warming, climate, anthropogenic factor, favorable and unfavorable climate changes, greenhouse effect

The report discusses the global warming and its adverse consequences for water safety of both Russia and the world as a whole

Процесс глобального потепления климата Земного шара наиболее четко начал прослеживаться с 70 годов прошлого столетия. Так, в период с 1880 по 1940 годы прослеживается рост температуры поверхности Земли в среднем на 0,4 градуса, с 1940 по 1970 годы в целом наблюдалась некоторая стабилизация температуры, даже с небольшой тенденцией к понижению. Резкий скачек экономического развития развивающихся стран в 70 годы 20 века привел и к началу роста глобальной температуры Земли в целом. Именно с этого времени тренд потепления климата, по данным института глобального климата и экологии Росгидромета, направлен только в положительную сторону.

Если Земной шар в целом теплеет со скоростью 0,18 градуса за 10 лет, то Россия теплеет в 2 раза быстрее – 0,47 градусов за 10 лет. Особенно глобальное потепление заметно в Арктическом регионе, где скорость потепления достигает 0,69 градусов за 10 лет, что в 3,7 раза быстрее, чем скорость потепления Земного шара в целом.

В последнюю тысячу лет климат Земли менялся как в положительную, так и в отрицательную сторону. Примерно с периодичностью в 100–200 лет климат Земли изменялся по синусоиде, то в положительную, то в отрицательную сторону, но с общим трендом при осреднении в слабо отрицательную сторону.

Исследования Антарктических льдов, проведенные в институтах Росгидромета, позволили выявить тенденцию, что один раз в 100 тысяч лет климат Земли резко теплеет примерно на 10–12 градусов, затем идет примерно такой же период, когда Земля начинает медленно остывать, возвращаясь к своей первоначальной температуре. Учитывая, что последний подобный резкий подъем температуры Земли зафиксирован примерно 15–20 тысяч лет назад, в настоящее время должен был наблюдаться период остывания Земли, что, в принципе, подтверждается наблюдением за температурой Земли, проведенной Росгидрометом в прошлом и позапрошлом веках. Нужно отметить, что именно антропогенный фактор является основным фактором, непосредственно влияющим на резкое потепление климата Земли за последние 50 лет.

Глобальное потепление оказывает непосредственное влияние на каждого жителя планеты Земля. Хотим мы этого или не хотим, но в ближайшее время нам придется жить в эпохе изменения климата и учиться адаптироваться к этим благоприятным или неблагоприятным изменениям.

На протяжении последних десятилетий в Уральском регионе фиксируется повышение среднегодовой температуры воздуха. Как следствие, сдвигаются к северу границы растительных зон. Начинают появляться насекомые – переносчики болезней, которые ранее регистрировались только в южных регионах. Заметно растет количество опасных явлений погоды, которые, из-за роста их интенсивности, все чаще и чаще приводят регионы, в которых они возникают, к крайне печальным последствиям с большим материальным ущербом.

Глобальное потепление имеет непосредственное влияние на водную безопасность России и всего мира в целом. Если тенденция глобального потепления сохранится в тех же границах, то есть будет прежними темпами расти парниковый эффект и будут дальше сокращаться площади, занятые растительностью, то в ближайшие 50 лет нам стоит ждать повышение уровня Мирового океана до метра, что приведет к огромной волне миграции, поскольку около 70 % населения в мире живет не внутри континентов, а в прибрежных зонах. Второй основной проблемой будет нехватка пресной воды, в том числе пригодной для питья. Именно это уже сейчас становится основной мировой проблемой, поскольку нехватка пресной воды уже ощущается в очень многих районах мира. Это связано как с климатическими факторами – продолжающимся опустыниванием, сокращением площадей, занятых растительностью – так и с факторами антропогенными: ростом населения, развитием тех секторов промышленности, которые потребляют воду в больших количествах. Все это окажет существенное влияние на мировую политику.

УДК556.18:69.034.9

О РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РАМКАХ ФЦП «РАЗВИТИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2012–2020 ГОДАХ» НА ПРИМЕРЕ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ.

Макаров А.В., Розовик А.А.
Амурское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов,
г.Хабаровск, Россия
amur@amurbvu.ru

Ключевые слова: р. Амур, водохозяйственное строительство, объекты капитального строительства, защитные сооружения.

Настоящий доклад посвящен актуальной для Амурской области проблеме – опыту строительства защитных сооружений от негативного воздействия вод реки Амур. Своими корнями проблемы, связанные с русловой переработкой левого берега водами реки Амур, приводящими к потере урбанизированных земель и ведущих к социальной напряженности среди населения, уходят в далекие 90-е годы прошлого столетия. Объекты капитального строительства, о которых пойдет речь, являются первыми за исторический период 1992–2015 гг. береговыми защитными сооружениями, построенными на территории области, что делает опыт их строительства уникальным не только для участников строительного процесса, но и области в целом.

CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS IMPLEMENTATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE FEDERAL TARGET PROGRAM “THE RUSSIAN FEDERATION WATER MANAGEMENT COMPLEX DEVELOPMENT IN 2012 - 2020” (THE AMUR REGION EXPERIENCE).

Makarov A.V., Rozovik A.A.
Amur Basin Water Administration of the Water Resources Federal Agency,
Khabarovsk, Russia
amur@amurbvu.ru vodres@yandex.ru

Key words: The Amur River, Water Construction, Capital Construction Projects, Protective Structures.

The report is devoted to the urgent for the Amur Region issue: the protective constructions against the negative impact of the Amur River building experience. The problems associated with the Amur River left bank channel processing leading to the urbanized land loss and social tension among the population go back to the distant 90s of the last century. The capital construction objects, which will be discussed below, are the first for the historical period of 1992-2015 coastal protective structures built on the Amur region territory. It makes the experience of their construction unique not only for construction process participants but also for the region as a whole.

Амур – одна из крупнейших рек России и мира. Занимает четвертое место среди рек России (после Енисея, Лены и Оби) по площади бассейна (1855 тысяч км²) и по среднемноголетнему речному стоку (378 куб. км/год) и десятое место среди рек мира.

Бассейн реки Амур расположен в пределах трех государств – России (Забайкальский край, Амурская области, Еврейская Автономная область, Приморский и Хабаровский край) – 53 % площади бассейна, Китая и Монголии.

В соответствии с российской лоцией Амур делится на верхний Амур – до Благовещенска, средний Амур – от Благовещенска до Хабаровска, и нижний Амур – ниже Хабаровска.

Протяженность в границах Амурской области составляет порядка 1210 км. Вдоль Амура расположены 10 из 20 муниципальных районов области, 1 из 9 городских округов.

Русла рек представляют собой, как правило, очень неустойчивые природные объекты, подверженные постоянно происходящим переформированиям, приводящим к размывам одних и наращиванию (намыву) других берегов, спрямлению излучин русла, развитию и отмиранию рукавов.

Анализ имеющихся в распоряжении картографических материалов и данных, полученных в результате обследования берегов и русла реки Амур, подтвердил тенденцию постепенного смещения русла реки на отдельных участках в сторону российской территории. В связи с чем вопрос о стабилизации русла реки Амур посредством осуществления берегоукрепительных и берегозащитных работ приобрел актуальность.

Понимание закономерностей переформирования русла, научно обоснованное управление русловыми процессами – это не только предотвращение их неблагоприятного воздействия на объекты хозяйственной и коммунальной инфраструктуры, но и метод отстаивания государственных интересов, направленный на предотвращение территориальных потерь [1]. С этой целью, по заказу Амурского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов, на основании государственного контракта от 27.04.2009г., ЗАО «Проектно-изыскательский институт «Ленгипроречтранс» осуществил работы по теме «Рекомендации по стабилизации русловых процессов трансграничных участков рек Амур, Аргунь, Уссури, Гранитная».

Проведенные в рамках государственного заказа исследования условий формирования, темпов и направленности русловых деформаций позволили получить научное описание сложившейся к настоящему времени ситуации на пограничных реках бассейна Амура. Выявлены неустойчивые участки, в пределах которых направленные русловые деформации могут привести к территориальным потерям для России, либо представляют угрозу для промышленной или хозяйственной инфраструктуры в пределах пойменно-руслового комплекса.

Проведено ранжирование участков по категории опасности от 1 до 3, в соответствии с которым, на территории Амурской области определены опасные участки первой категории – это участки р. Амур в границах населенного пункта Орловка Константиновского района (870 – 872 км судового хода) и в границах населенных пунктов Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области (813–814 и 808–809 км судового хода).

Решение таких крупных и сложных социально-экономических проблем возможно с использованием программно-целевого принципа.

Руководствуясь «Рекомендациями по стабилизации русловых процессов трансграничных участков рек Амур, Аргунь, Уссури, Гранитная», в 2010–2012 гг., Амурским бассейновым водным управлением подготовлен и направлен в Федеральное агентство водных ресурсов «Перечень первоочередных мероприятий» в качестве предложений по их включению в федеральную целевую программу «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 гг.» [2].

Постановлением Правительства Российской Федерации от 19.04.2012 № 350 утверждена федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах», в рамках которой в 2014–2016 гг. по заказу Амурского бассейнового водного управления ЗАО «Проектно-изыскательский институт «Ленгипроречтранс» разработана проектная документация:

– «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области»;

– «Инженерная защита левого берега реки Амур у сел Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области».

Проекты имеют положительные заключения Главгосэкспертизы России, Хабаровского филиала.

Для решения проблемы негативного воздействия вод реки Амур проект «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области» обладает следующими параметрами:

- протяженность крепления – 370 м;
- Высота крепления – до 13 м;

– Стоимость строительных работ – 109,4 млн рублей (стоимость работ приводится по цене контракта, определенной по результатам проведения одноименного аукциона на определение победителя по выполнению строительных работ для федеральных государственных нужд).

Проект «Инженерная защита левого берега реки Амур у сел Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области» обладает следующими параметрами:

1. Участок Красная Орловка: протяженность крепления – 890,65 м; высота крепления – 15,2 м.
2. Участок Чесноково: протяженность крепления – 374 м; высота крепления – 13,2 м.

Стоимость строительных работ – 378,2 млн руб. (стоимость работ приводится по цене контракта, определенной по результатам проведения одноименного аукциона на определение победителя по выполнению строительных работ для федеральных государственных нужд).

Фактические строительные сроки реализации проекта «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области» декабрь 2015 г. – ноябрь 2016 г., проекта «Инженерная защита левого берега реки Амур у сел Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области» август 2016 – ноябрь 2018 г.

Возведение объектов капитального строительства в населенных пунктах Орловка Константиновского района и Красная Орловка, Чесноково Михайловского района осуществлялось в соответствии с СП 48.13330.2011 «Организация строительства» [3].

Принимая во внимание, что объекты капитального строительства являются линейными, ориентированными на мероприятия водохозяйственного значения, организация строительства выходит за пределы указанного свода правил.

Происходит это, главным образом, по причине узко специализированных, ограниченных в промышленном и гражданском строительстве видов работ, не получивших широкого распространения в строительной отрасли и как следствие – слаборазвитый механизм законодательного регулирования, основанный чаще всего на перекрестных ссылках, нативном принципе юридического сопровождения стройки.

Порядок реализации объектов капитального строительства на территории Амурской области представляет собой цепочку взаимоувязанных производственных, организационных, технических и юридических процессов, в которые вовлечены все участники строительного производства.

Рассмотрим структуру по подробнее. Система подготовки и осуществления строительства включала в себя два обобщенных сегмента (рис. 1):

- нормативно–производственный сегмент;
- сегмент юридического сопровождения объектов капитального строительства.

Основные (генеральные) участники данного сегмента определялись Амурским БВУ по результатам конкурсных/аукционных процедур, проведенных в соответствии с федеральным законом от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [4].

Сегмент объединяет в себе участников строительного производства, задействованных в процессе общей организационно-технологической подготовки, также организованной Амурским БВУ. На начальном этапе для понимания масштабности русловых процессов, негативного влияния вод реки Амур и выявления участков, особо подверженных воздействию, по заказу Амурского БВУ ЗАО «Ленгипроречтранс» проведены научно-исследовательские работы «Рекомендации по стабилизации русловых процессов трансграничных участков рек Амур, Аргунь, Уссури, Гранитная» [1].

По результатам НИР в рамках ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» Амурское БВУ приступило к реализации объектов капитального строительства, направленных на устранение негативного влияния, исходящего от вод реки Амур в границах населенных пунктов Орловка Константиновского района и Красная Орловка, Чесноково Михайловского района.

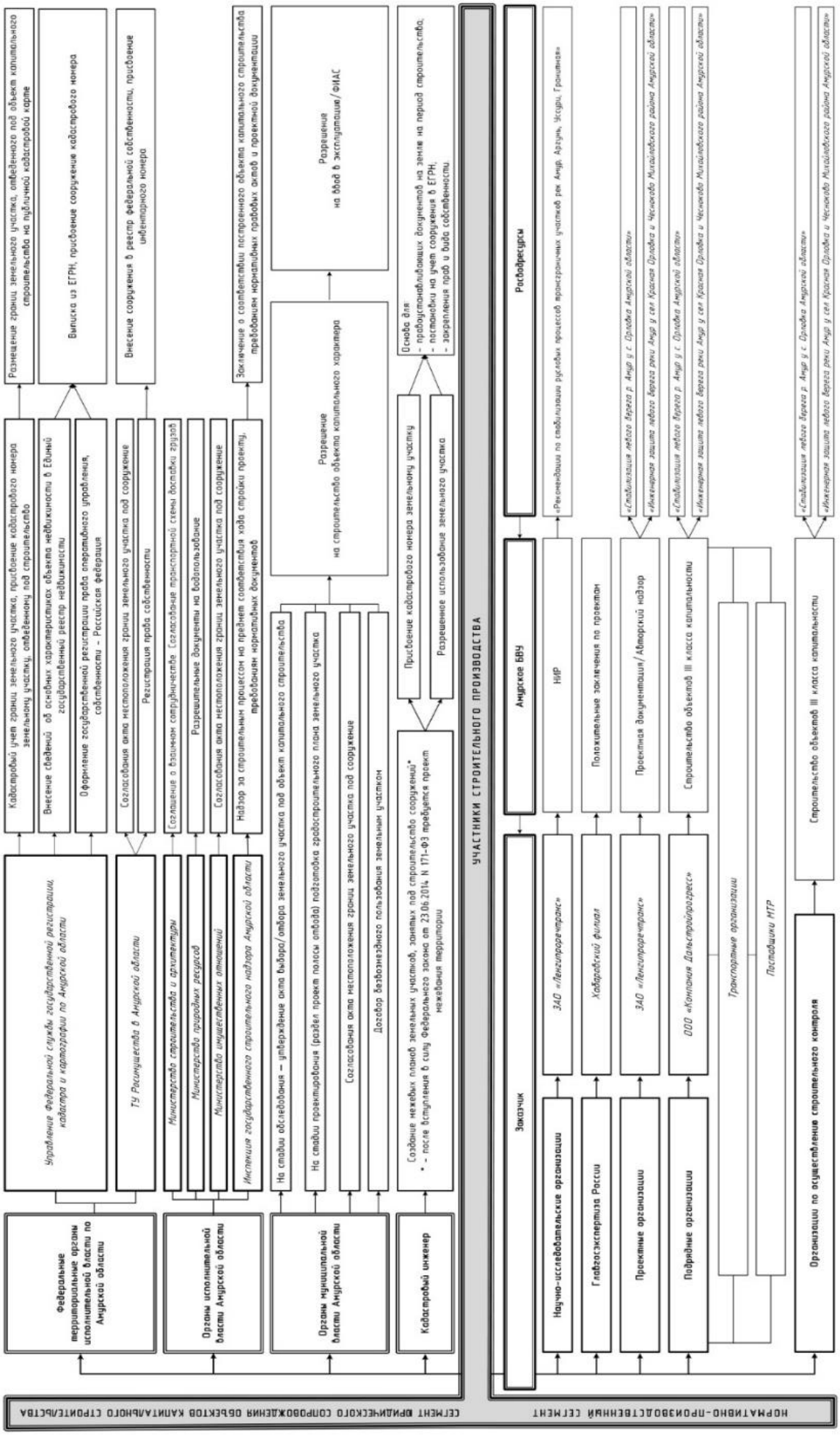


Рис. 1. Участники строительного производства.

Реализация объектов капитального строительства проходила в две стадии:

- стадия разработки проектной документации и прохождения государственной экспертизы. Разработка рабочей документации.
- стадия строительно-монтажных работ.

В качестве генерального проектировщика и организации, осуществляющей авторский надзор по объектам капитального строительства в Амурской области, выступило ЗАО «Ленгипроречтранс», Санкт-Петербург.

Генеральной подрядной строительной организацией по объектам выступило ООО «Компания Дальстройпрогресс», г. Владивосток.

Строительный контроль по «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области» осуществляло ЗАО «Ленгипроречтранс» по объекту «Инженерная защита левого берега реки Амур у сел Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области» – ООО «Амурстрой», г. Благовещенск.

После прохождения проектами государственной экспертизы, которая в соответствии со ст. 49 ГрКРФ [5] обязательна для объектов капитального строительства, финансируемых за счет федерального бюджета, и получения положительных заключений, в соответствии с положениями СП 48.13330.2011 [3] проектная документация утверждалась Заказчиком работ. Листы рабочей документации проштамповывались штампом «В ПРИЗВОДСТВО РАБОТ».

Все вышеперечисленные участники строительства своими распорядительными документами (приказами) назначили персонально ответственных за строительство должностных лиц.

До начала строительных работ, генеральной строительной организацией разрабатывался проект производства работ, который в дальнейшем рассматривался и согласовывался Амурским БВУ.

Заказчиком строительных работ обеспечен вынос на площадку геодезической разбивочной основы с оформлением акта освидетельствования геодезической разбивочной основы и акта разбивки осей объекта капитального строительства на местности.

В ходе ведения строительных работ, назначенных в соответствии с приказом Амурского БВУ, ответственные представители территориального отдела водных ресурсов, а также специалисты, осуществляющие строительный контроль на объекте, всегда присутствовали в ответственные моменты проведения скрытых работ и осуществляли еженедельное инспектирование хода стройки, с занесением соответствующих записей в раздел 4 Общего журнала работ [6].

Работа инспектора государственного строительного надзора Амурской области осуществлялась по согласованной с Амурским БВУ программой проведения проверок из расчета ежемесячного посещения строительной площадки. В работе инспекции также принимали участие представители строительного контроля и Заказчика.

Строительство береговых защитных сооружений начинается с места обследования участка подверженного опасным русловым процессам и заканчивается государственной регистрацией построенного сооружения.

Если для генеральной подрядной строительной организации строительство объекта заканчивается завершенным в соответствии с проектом циклом строительных работ по государственному контракту, то для Заказчика точку можно ставить только после юридического оформления сооружения в едином государственном реестре недвижимости и присвоением сооружению инвентарного номера реестра федеральной собственности. В Российской Федерации строительный процесс организован таким образом, что все, кажущиеся на начальном этапе малозначительные согласования или иные документы, являются непременным условием государственной регистрации сооружения.

Юридическое сопровождение объектов капитального строительства построено на межведомственном взаимодействии Амурского БВУ с:

- кадастровыми инженерами;

– Органами муниципальной власти Амурской области (администрации сельсоветов, районов Амурской области, на чьих территориях осуществлялось строительство капитальных объектов);

– Органами исполнительной власти Амурской области, такими как министерство строительства и архитектуры, министерство природных ресурсов, министерство имущественных отношений, инспекцией государственного строительного надзора Амурской области;

– Федеральными территориальными органами исполнительной власти по Амурской области. Это Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Амурской области, Территориальное управление Росимущества в Амурской области.

Кадастровые инженеры

Кадастровый инженер – специалист, занимающийся межеванием земель, то есть определением границ и координат земельной собственности, а также составлением технических планов объектов капительного строительства, заказчиком-застройщиком которых выступило Амурское БВУ.

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (Законом о кадастре), и принимая во внимание сроки проектирования объектов капитального строительства, кадастровым инженером готовились межевые планы земельных участков занятых под строительство сооружений, и их сопровождение по инстанции.

Органы муниципальной власти Амурской области

От органов муниципальной власти Амурской области, участниками строительного производства являлись:

– по объекту «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области» - администрация Новопетровского (Орловского) сельского совета Константиновского района Амурской области;

– по объекту «Инженерная защита левого берега реки Амур у сел Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области» – Администрация Михайловского района Амурской области

Порядок работы с органами муниципальной власти заключался в следующем.

На предпроектной стадии рабочей комиссией проводится обследование участка русла реки, подверженного негативному воздействию с составлением акта выбора/отбора земельного участка под объект капитального строительства. Акт подлежит утверждению главой районной администрации.

На стадии проектирования, утвержденные материалы обследования используются проектными организациями для подготовки раздела «Проект полосы отвода» [7], в котором приводятся более детальные характеристики земельного участка, планируемого под строительство капитального объекта. Готовится градостроительный план земельного участка.

Параллельно подготовленные кадастровым инженером межевые планы направляются в местные администрации для согласования акта местоположения земельного участка под строительство. В случае, если земли принадлежат местной власти, администрация самостоятельно направляет межевой план в органы Росреестра, для кадастрового учета границ земельного участка, присвоения земельному участку кадастрового номера. Администрацией готовятся соответствующие нормативно-правовые акты о предоставлении Амурскому БВУ земельных участков в безвозмездное пользование.

Следующим шагом являлось заключение по отведенным межевыми планами земельным участкам под строительство капитальных защитных сооружений берегового типа договоров безвозмездного пользования. Для того чтобы в дальнейшем регистрация сооружения прошла успешно, необходимо заключение договоров безвозмездного пользования земельными участками на срок от трех лет. В этом случае, договора проходят регистрацию в органах Росреестра. Данный шаг является также фильтром, исключающим

возможные ошибки, опечатки в документах как по площадным характеристикам земельных участков, так и по их кадастровым номерам.

Нормативно-правовые акты, договоры безвозмездного пользования и градостроительные планы, в соответствии со статьей 55 ГрКРФ [5] относятся к правоустанавливающим документам, необходимым для получения разрешения на ввод в эксплуатацию построенных сооружений.

При наличии проектной документации с положительными заключениями главгосэкспертизы и до начала строительно-монтажных работ, в соответствии с положениями ст.51 ГрКРФ [5] Амурское БВУ получило соответствующие разрешения на строительство.

По объекту «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области» разрешение на строительство выдавалось администрацией Новопетровского сельского совета Константиновского района Амурской области.

По объекту «Инженерная защита левого берега реки Амур у сел Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области» разрешение на строительство выдавалось администрацией Михайловского района Амурской области (строительство объекта капитального строительства осуществлялось на территориях двух поселений).

Самым ответственным моментом в деловых взаимоотношениях с органами муниципальной власти при строительстве объектов капитального характера является получение разрешения на ввод в эксплуатацию построенных сооружений.

Разрешения на ввод в эксплуатацию построенных сооружений является основным документом, необходимым для постановки на учет в ЕГРН, оформления права собственности на сооружения, оперативного управления.

Для получения разрешения на ввод в эксплуатацию, в соответствии со ст. 55 ГрКРФ [5], Амурским БВУ формировался пакет документов и направлялся в органы местного самоуправления и муниципальной власти.

Перечень документов, подаваемых Амурским БВУ для получения разрешения на ввод в эксплуатацию:

1) правоустанавливающие документы на земельный участок:

– НПА «О предоставлении земельных участков в безвозмездное пользование Амурскому бассейновому водному управлению Федерального агентства водных ресурсов для строительства линейных объектов капитального строительства:

– Договоры безвозмездного пользования земельными участками

2) градостроительный план земельного участка:

– НПА «Об утверждении градостроительного плана земельного участка».

– градостроительные планы земельных участков

3) разрешение на строительство:

- от администрации Новопетровского сельского совета Константиновского района;

- от Администрации Михайловского района.

4) акт приемки законченного строительством объекта КС-11 [6];

5) справки ООО «Компания Дальстройпрогресс» о соответствии построенного объекта капитального строительства требованиям технических регламентов.

6) справки ООО «Компания Дальстройпрогресс» и Амурского БВУ о соответствии параметров построенного объекта капитального строительства проектной документации.

7) Заключения Инспекции государственного строительного надзора Амурской области о соответствии построенного объекта капитального строительства требованиям нормативных правовых актов и проектной документации.

8) Технические планы сооружений.

Органы исполнительной власти Амурской области

От органов исполнительной власти Амурской области участниками строительного производства являлись:

– Министерство имущественных отношений;

– Инспекция государственного строительного надзора;

– Министерство природных ресурсов;
– Министерство строительства и архитектуры.

Характер документооборота Амурского БВУ с министерством имущественных отношений аналогичен документообороту с органами местной власти, и касается только случаев, когда под строительство изымаются земли областной собственности. Такая ситуация характерна для объекта «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области».

Работа с министерствами природных ресурсов, строительства и архитектуры выражалась в согласовании производственной деятельности генеральной подрядной строительной организации в части соблюдения требований природоохранного законодательства – оформление решений о предоставлении водного объекта в пользование [8] и согласования транспортных схем, используемых ООО «Компания Дальстройпрогресс» для доставки грузов.

При межведомственном взаимодействии с органами исполнительной власти Амурской области, наиболее важная роль отводилась инспекции государственного строительного надзора Амурской области. Этим госучреждением по окончании строительных работ выдается заключение о соответствии построенного объекта капитального строительства требованиям нормативных правовых актов и проектной документации, являющимся одним из документов, на основании которого местным органом муниципальной власти выдается разрешение на ввод в эксплуатацию.

Порядок работы с инспекцией выглядел следующей очередностью:
Амурское БВУ, заблаговременно, не позднее чем за семь дней до начала производства строительных работ, в соответствии со ст.52 ГрКРФ [5], направляло в инспекцию извещение о начале строительных работ.

Далее готовилась и обоюдно подписывалась Программа проведения проверок, в соответствии с которой осуществлялся государственный строительный надзор за объектами капитального строительства по населенным пунктам Орловка Константиновского района, Красная Орловка и Чесноково Михайловского района.

Порядок проведения проверок регламентируется РД 11-04-2006 [9] и выглядел следующим образом:

Не позднее чем за три дня, Инспекция направляла Приказ о проведении выездной проверки юридического лица, в котором так же расписывались представитель Амурского БВУ в случае проведения проверки в отношении Заказчика или представитель ООО «Компания Дальстройпрогресс» в случае, проведения проверки в отношении генеральной подрядной строительной организации.

По результату, выдается акт проверки органом государственного надзора юридического лица, на основании которого выписывается предписание об устранении нарушений при строительстве объекта капитального строительства, если таковые имели место быть.

По истечении срока, представленного на устранение нарушений, соответственно Амурское БВУ или ООО «Компания Дальстройпрогресс» на основании проведенных работ по выданному предписанию направляло извещение/акт об устранении нарушений при строительстве капитальных объектов.

Предписание считается исполненным, если в случае повторной проверки инспектором строительного надзора подтверждается факт устранения нарушений, указанных в предписании – издается акт об отсутствии нарушений.

По окончании строительно-монтажных работ, предусмотренных государственным контрактом, Амурским БВУ направляется извещение об окончании строительства объекта капитального строительства. В течение последующих семи дней инспекцией назначается итоговая проверка.

При проведении итоговой проверки соблюдался общий порядок проведения проверок, предусмотренный РД 11-04-2006 [10].

По результатам итоговой проверки инспекцией государственного строительного надзора выдается Заключение о соответствии построенного объекта капитального

строительства требованиям нормативных правовых актов и проектной документации. Сроки предоставления такого заключения – в течение 10 дней с даты обращения Заказчика.

С момента получения Амурским БВУ заключения инспекции государственного строительного надзора Амурской области строительные работы на объекте считаются законченными и начинается юридическое оформление построенных сооружений, в котором принимают участие федеральные территориальные органы исполнительной власти по Амурской области.

Федеральные территориальные органы исполнительной власти по Амурской области

Участниками строительного процесса являлись:

– Управление федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Амурской области;

– Территориальное управление Росимущества в Амурской области.

При правильной организации строительного процесса, через оба эти госучреждения проходил соответствующий документооборот, в связи с чем, на стадии государственной регистрации сооружений и постановки их на кадастровый учет, оформления вида собственности земельного участка и права оперативного управления у Амурского БВУ юридических проблем не было.

В соответствии с действующим законодательством РФ эти процедуры осуществляют органы местной муниципальной власти посредством межведомственного портала по управлению государственной собственностью. Срок предоставления услуги в среднем составил 12 дней.

Результатом проведения процедур юридического оформления объектов капитального строительства явилась выдача выписок из ЕГРН[1].

После получения выписок из ЕГРН, Амурским БВУ поданы заявки в Росимущество для включения объектов капитального строительства в реестр федеральной собственности и присвоения построенным сооружениям инвентарных номеров.

Данная процедура является крайней в строительном процессе, по окончании которой, мероприятия ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах» считаются выполненными. Фактически, с этого момента возведенные защитные сооружения переходят в период эксплуатации, расчетный срок которой составляет 50 лет.

Строительство объектов капитального характера объединяет в себе усилия разных ведомств и органов власти. По существу, строительная индустрия – многопрофильная организация достижения единой цели – сделать нашу жизнь, быт лучше, защищеннее, комфортнее.

Само по себе объединение усилий такого количества участников строительного процесса находит свое выражение в проявлении объективного административного барьера при осуществлении межведомственного взаимодействия: каждый из участников действует в рамках своих регламентов, при этом, большинство из них собственно к процессу строительства отношения не имеют, а ведомство Заказчика естественно не подразумевает содержание соответствующих кадровых специалистов. Ветви законодательства, регламентирующих деятельность ведомств и органов власти – участников строительства развиваются независимо и чаще всего, нововведения в смежных со строительством отраслях, создают препятствие ходу строительства как по срокам, предусмотренным ФЦП [2], так и по непредвиденным расходам, неучтенными сводными сметными расчетами (затратами на отвод и создание земельных участков под сооружениями).

Отдельное направление – ведомственные электронные программные комплексы автоматизации и учета, не дающие возможность принятия решения Человеком, если в них не

[1] ГКН существовал до вступления в силу с 01.01.2017 Федерального закона № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости». С 01.01.2017 г. данные из ЕГРП и ГКН объединены в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН). В связи с этим такие документы как выписка из ЕГРП, кадастровый паспорт и кадастровая выписка были заменены на Выписку из ЕГРН.

предусмотрены виды деятельности, такие как, например, строительство линейных защитных сооружений капитального характера.

Таким образом, основным фактором, сдерживающим эффективность в строительстве береговых защитных сооружений, является межведомственная организация взаимодействия между участниками строительного процесса.

Принимая во внимание, что работа водного потока, представленная в виде русловых переработок берега, наводнений и половодий происходит ежесекундно, ежеминутно, ежедневно 365 дней в году, очень важно не допускать потерь во времени. Во времени, затраченном на производство проектной документации, потерь, возникающих в период подготовки строительных работ, как-то отвод земельных участков, получение разрешения на строительство, времени, потраченного на получение Заказчиком разрешения на ввод в эксплуатацию, на процедуры государственной регистрации и постановки на кадастровый учет сооружения. Все эти временны́е издержки – производная межведомственного взаимодействия, в конечном счете приводят к удорожанию работ, увеличению сроков строительства, низкой эффективности борьбы с негативным воздействием на государственном уровне.

При существующей в Российской Федерации общей потребности в строительстве сооружений инженерной защиты порядка 2 тыс. км [2], преломить ситуацию на наш взгляд возможно пересмотром существующего положения дел, в части организации межведомственного взаимодействия.

Необходимо минимизировать присутствие излишних бюрократических и административных барьеров, увеличить гибкость в подходах и стремительность в реализации от слов на бумаге – к работам на земле. Иначе говоря – создания инструментария, основанного на политике одного окна для Заказчика объектов капитального строительства в водохозяйственной отрасли.

Решение такой задачи представляется нам только с участием ведущих научных институтов и представителей соответствующих комитетов законодательной власти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закрытое акционерное общество «Проектно-изыскательский институт «Ленгипроречтранс». Рекомендации по стабилизации русловых процессов трансграничных участков рек Амур, Аргунь, Уссури, Гранитная. 2010.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.04.2012 № 350 «О федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах»». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_128911/.
3. ОАО «Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве» (ОАО «ЦНС»), ФГУ «Федеральный центр технической оценки продукции в строительстве» (ФГУ «ФЦС»), ООО «Центр научных исследований организации, механизации, технологии строительного производства» (ООО «ЦНИОМТП»). Свод правил СП 48.13330.2011 «Организация строительства».
4. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/.
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/01fbae25b3040955277cbd70aa1b907cceda878e/.
6. Государственный комитет Российской Федерации по статистике. Постановление от 30 октября 1997 г. N 71а «Об утверждении унифицированных форм первичной учетной документации по учету труда и его оплаты, основных средств и нематериальных активов, материалов, малоценных и быстроизнашивающихся предметов, работ в капитальном строительстве».

7. Закрытое акционерное общество «Проектно-изыскательский институт «Ленгипроречтранс». Проектная документация «Стабилизация левого берега р. Амур у с. Орловка Амурской области» // Разд. 2. Проект полосы отвода. 14.П-ППО.Том 2.2014. Проектная документация «Инженерная защита левого берега реки Амур у сел Красная Орловка и Чесноково Михайловского района Амурской области» // Раздел 2. Проект полосы отвода. 13.П-ППО. Т. 2. 2015.
8. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/.

Приказ Ростехнадзора от 26.12.2006 № 1129 «Об утверждении и введении в действие Порядка проведения проверок при осуществлении государственного строительного надзора и выдачи заключений о соответствии построенных, реконструированных, отремонтированных объектов капитального строительства требованиям технических регламентов (норм и правил), иных нормативных правовых актов, проектной документации».

УДК 626/627

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ, ЧЕЛЯБИНСКОЙ И КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Макаров В.Б.
Межрегиональный отдел по надзору за гидротехническими сооружениями Уральского управления Ростехнадзора,
г. Екатеринбург, Россия
V.Makarov@ural.gosnadzor.ru

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, бесхозяйные ГТС, Свердловская область, Курганская область, осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС.

В статье приводится оценка состояния безопасности и противоаварийной устойчивости поднадзорных объектов; дана информация об организации проверок состояния безопасности ГТС поднадзорных предприятий и объектов.

PROVIDING OF SAFETY OF HYDRAULIC FACILITIES ON THE TERRITORY OF SVERDLOVSK, CHELYABINSK, AND KURGAN OBLASTS

Makarov V.B.
Rostekhnadzor Ural Department Inter-regional Section for Supervision of Hydraulic Facilities

Key words: hydraulic facilities, no-owner hydraulic facilities, Sverdlovsk Oblast, Kurgan Oblast, Federal state supervision in the sphere of hydraulic facilities safety

The article gives an assessment of safety and accident resistance of the units under supervision; it gives an information on organization of inspections of the corresponding hydraulic facilities safety conditions.

Общая оценка состояния безопасности и противоаварийной устойчивости поднадзорных объектов

На 01.08.2019 г. численность ГТС, повреждение которых может привести к возникновению чрезвычайной ситуации, составляет 252 сооружения, из них в Свердловской области – 148, Челябинской области – 63, Курганской области – 41 (в сравнении с аналогичным периодом прошлого года количество поднадзорных ГТС составляло 281). По результатам преддекларационных обследований, проведенных в течение 2018 г., 6 мес. 2019 г., количество поднадзорных ГТС уменьшилось на 29 сооружений).

Осуществление мероприятий по выявлению ГТС, не имеющих собственника (бесхозяйных сооружений)

По состоянию на 1.08.2019 г. на территории Свердловской и Курганской областей учтены 2 бесхозяйных ГТС (во II кв. 2018 г. учтено 2 бесхозяйных ГТС).

По территории расположения: в Свердловской области – 1 ГТС (во II кв. 2018 г. было учтено 1), в Челябинской области – 0 (во II кв. 2018 г. было учтено 0), в Курганской области – 1 ГТС (во II кв. 2018 г. учтено 1).

Запланированные мероприятия по обеспечению безопасности бесхозяйных ГТС на территориях Свердловской и Курганской областей в настоящее время находятся в стадии реализации.

Работа по снижению количества бесхозяйных ГТС продолжается.

По данным экспертных заключений на декларации безопасности ГТС, актов технического состояния, уровень безопасности ГТС классифицирован:

– нормальный – 65 (25,8 %), в том числе в Свердловской области – 46 ГТС, в Челябинской области – 12 ГТС, в Курганской области – 7 ГТС;
– пониженный – 117 (46,4 %), в том числе в Свердловской области – 66 ГТС, в Челябинской области – 43 ГТС, в Курганской области – 8 ГТС;
– неудовлетворительный – 52 (20,6 %), в том числе в Свердловской области – 25 ГТС, в Челябинской области – 4 ГТС, в Курганской области – 23 ГТС;
– опасный – 18 (7,14 %), в том числе в Свердловской области – 11 ГТС, в Челябинской области – 4 ГТС, в Курганской области – 3 ГТС.

Табл. 1. Данные по поднадзорным объектам

№ п/п	Наименование показателя	Всего по Уральскому управлению за отчетный период	Свердловская область	Челябинская область	Курганская область
1	Количество организаций. имеющих (эксплуатирующих) гидротехнические сооружения (ГТС)	165	89	41	35
2	Количество ГТС (комплексов ГТС) по классам. Всего, в т. ч.:	252	148	63	41
2.1	I класс	10	5	5	0
2.2	II класс	35	22	12	1
2.3	III класс	196	112	44	40
2.4	IV класс	11	9	2	0
3	Количество комплексов ГТС промышленности	42	28	14	0
4	Количество комплексов ГТС объектов энергетики	21	14	6	1
5	Количество ГТС водохозяйственного комплекса	189	106	43	40

Организация проверок состояния безопасности ГТС поднадзорных предприятий и объектов

В соответствии с Планом работы Уральского управления Ростехнадзора на 2019 г. и поручениями центрального аппарата Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в настоящее время проведено 128 мероприятий по контролю, в т.ч.: 11 проверок в рамках осуществления режима постоянного государственного надзора, 9 плановых проверок, 22 внеплановые проверки, 86 преддекларационных и предпаводковых обследований ГТС.

Анализ основных показателей надзорной и контрольной деятельности Уральского управления Ростехнадзора показывает, что количество проведенных мероприятий по контролю в сравнении с аналогичным периодом прошлого года практически осталось на прежнем уровне (за 6 месяцев 2019 г. проведено 128 мероприятий, за аналогичный период прошлого года – 126 мероприятий).

Всего выявлено 87 нарушений требований законодательства (за аналогичный период прошлого года было выявлено – 88 нарушений).

Анализ нарушений, выявленных при проверках, показывает, что наибольшее количество нарушений связано:

Табл. 2. Данные по основным показателям контрольно-надзорной деятельности по осуществлению федерального государственного надзора в области безопасности ГТС

	Количество проведенных мероприятий, всего	Проверки по постоянному надзору	Плановые выездные проверки	Внеплановые проверки	Обследования
Уральское управление	**128**	11	9	22	86
Свердловская область	**58**	6	2	11	39
Челябинская область	**37**	5	4	8	20
Курганская область	**33**	0	3	3	27

- с несоответствием проекту и нормативным документам квалификационного уровня службы эксплуатации ГТС;
- отсутствием утвержденной декларации безопасности ГТС;
- отсутствием согласованных правил эксплуатации ГТС;
- наличием неисправностей гидромеханического оборудования.

На 01.08.2019 г. сотрудниками Уральского управления Ростехнадзора возбуждено 17 дел об административных правонарушениях, из них – 6 дел при проведении плановых проверок, 7 дел при проведении внеплановых проверок, 4 дела при осуществлении режима постоянного государственного надзора.

Общая сумма наложенных административных штрафов за отчетный период составила 630 тыс. руб.

УДК 556:004.942

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ

Мерзликина Ю.Б.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: ros_julia@mail.ru

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, водное хозяйство, цифровой бассейн, Обь-Иртышский бассейн.

Актуальность внедрения цифровых технологий в ключевые сферы государственного управления вызывает необходимость обратить особое внимание на модернизацию процессов управления водными ресурсами. Ключевым фактором развития в этих процессах являются данные в цифровой форме. В рамках исследования выделены основные элементы цифровизации водохозяйственного комплекса. Рассмотрены примеры применения отдельных цифровых технологий в сфере водных отношений за рубежом и в отечественной практике. Особое внимание уделено перспективному направлению – созданию цифровой модели речной экосистемы. С помощью создания цифровой модели и внедрения цифровых систем мониторинга можно будет решить проблему оперативного мониторинга состояния рек.

DIGITALIZATION OF WATER SECTOR: PROBLEMS AND POSSIBILITIES

Merzlikina Y.B.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia
e-mail: ros_julia@mail.ru

Key words: digitalization, digital techniques, water sector, digital basin, Ob-Irtysh basin

The relevance of adoption of digital technologies in key areas of state governing leads to the need to pay special attention to upgrading of water management processes. A key development factor in these processes is digital data. As part of the study, the basic elements of digitalization of the water management complex are highlighted. Examples of the application of individual digital technologies in the field of water relations in the economy abroad and in domestic practice are considered. Particular attention is paid to a promising direction - the creation of a digital model of the river ecosystem. By creating a digital model and implementing digital monitoring systems, it will be possible to solve the problem of operational monitoring of river conditions.

Цифровизация – один из самых актуальных трендов развития современной экономики и общества. Экспертами прогнозируется, что цифровая экономика будет расти в пять раз быстрее нецифровых отраслей и создаст новые условия и возможности для их роста.

Определение цифровой экономики, используемое в нормативно-правовом поле социально-экономической деятельности в Российской Федерации, приводится в Программе «Цифровая экономика Российской Федерации». Цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме, и способствует формированию информационного пространства с учетом потребностей граждан и общества в получении качественных и достоверных сведений, развитию информационной инфраструктуры, созданию и применению российских

информационно-телекоммуникационных технологий, а также формированию новой технологической основы для социальной и экономической сферы.

Для практических целей можно выделить четыре ключевых элемента для цифровизации водохозяйственного комплекса, которые имеют перспективу для реализации в Российской Федерации:

- цифровая информационная база для систем поддержки решений в водном хозяйстве (оцифровка карт, баз данных доступных через API и т.д.)
- цифровизация производства – «умная» инфраструктура и роботизация: сооружения и оборудование с искусственным интеллектом (AI) и аналитикой, спутники и дроны, системы распределения, переброски, водоснабжения и водоотведения и т.п.
- аналитика и BigData: аналитические платформы по всем вертикалям водного хозяйства: прогнозирование водности, негативного воздействия вод, водопотребления, трансграничных, климатических рисков;
- цифровизация распределения: прослеживаемость ресурса от «источника к потребителю» на основе технологий блокчейна, биржи распределения водных ресурсов и экосистемных услуг.

Реализация этих элементов позволит сформировать адекватную систему ответа институциональных структур управления на вызовы современности для развития водохозяйственного комплекса.

Спектр направлений развития и применения цифровых технологий в водном хозяйстве чрезвычайно широк. Так, только на основе данных дистанционного зондирования земли могут быть востребованы:

- инвентаризация водохранилищ, водохозяйственных и оросительных систем, гидротехнических сооружений;
- информационное обеспечение проектно-изыскательских работ по строительству и реконструкции гидротехнических сооружений;
- информационное обеспечение планирования водоохранных зон;
- моделирование процессов затопления территории во время половодий по трехмерным моделям на базе космической стереосъемки;
- мониторинг паводковой обстановки и половодий по сериям снимков, определение площадей затопленных территорий;
- контроль ледовой обстановки при прохождении паводка на реках;
- мониторинг водного и ледового режима водоемов, наблюдение за ходом снеготаяния и прогнозирование стока;
- оценка ледовой обстановки внутренних водоемов;
- картографирование речных и озерных бассейнов, водосборов, моделирование направлений и скоростей стока, транспортировки взвешенных частиц, загрязняющих веществ;
- выявление антропогенно спровоцированных и естественных изменений вод (эвтрофирование, изменение минерализации, наличие взвесей, «цветение» воды);
- оценка степени зарастания водоемов;
- выявление источников загрязнения вод;
- оценка и контроль загрязнений поверхностного слоя внутренних водоемов;
- обнаружение фактов несанкционированного использования водоемов и водоохранных зон.

К сожалению, масштабных работ по исследованию возможностей и разработке предложений для системной цифровизации водохозяйственной деятельности для России не проводится. Имеются отдельные примеры и предложения по цифровизации отдельных секторов, таких как водоснабжение и канализация, создание массивов «больших данных», использование современных технологий при мониторинге водохозяйственной обстановки, создание информационных систем для выполнения отдельных задач управления и другие. Однако, этот процесс характеризуется большой разрозненностью и отсутствием объединяющей идеи – модернизации процессов управления и функционирования

водохозяйственного комплекса Российской Федерации, основанной на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий.

Рассматривая примеры международного опыта реализации отдельных направлений цифровизации в водной сфере, среди активно развивающиеся можно выделить технологии «интернета вещей».

Например, проект «Умное водоснабжение», реализуемый в Китае (г. Шэньчжэнь) предусматривает полное обновление системы водообеспечения. Было установлено около 1,2 тысяч интеллектуальных счетчиков потребления воды. Система позволяет анализировать схемы потребления, избегать утечек, повышает эффективность циркуляции воды и оптимизирует использование ресурсов. Жители же получают удобный доступ к услугам коммунального хозяйства [1].

Международные эксперты среди основных составляющих «умного» города называют проекты «Умного водоснабжения» (Smart Water), которые позволяют на муниципальном уровне оцифровать процессы управления водными ресурсами города: модернизировать водные системы, проводить мониторинг потребления, организовать системы экологической безопасности и управления наводнениями [2]. Ожидается, что сектор SmartWater в ближайшие пять лет покажет самый активный рост из-за высоких рисков в показателях качества воды, ее стоимости и доступности.

В международном исследовании по «умным домам» только 6 % пользователей отметили «экономию на расходах» как основную причину покупки «умных устройств» [3]. Использование счетчиков потребления горячей и холодной воды стимулирует потребителя контролировать расход воды и позволяет сократить расходы на 30–40 % по сравнению с оплатой счетов по установленным нормативам. Оценка экономического эффекта от внедрения технологии «умных устройств» для учета потребления воды в домохозяйствах оценивается в 151 млрд руб. до 2025 года. В структуре оцениваемых выгод этот вид занимает первое место и составляет около 40 % в общем эффекте.

Подобные примеры внедрения цифровых технологий имеются и в отечественной практике. Так, в Москве внедрена автоматизированная система учета потребления ресурсов (АСУПР), которая обеспечивает сбор, обработку, передачу и хранение данных о потреблении горячей воды (планируется также сбор данных по холодной воде) в многоквартирных жилых домах и в организациях, подведомственных органам исполнительной власти Москвы [3]. Система включает датчики давления, которые контролируют состояние труб и помогают избежать аварийных ситуаций. Планируется пилотная установка датчиков протечек воды в квартирах и помещениях общего пользования, чтобы контролировать протечки в сетях водоснабжения. Ожидается, что это позволит снизить риск возникновения прорыва в системах водоснабжения или отопления.

Масштабных практических примеров управления природными водными объектами с использованием цифровых технологий на сегодняшний день не имеется. Однако, на уровне концептуальных разработок представляет интерес инициированный российскими учеными проект создания цифровой модели речной экосистемы «Цифровой Обь-Иртышский бассейн».

Инициатива родилась на Кузбассе и на текущий момент ее концепт широко представляется в правительственных, деловых, научных и общественных кругах. На сегодняшний день проект поддержали семь регионов: Челябинская, Тюменская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа, а также ученые Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и Института водных проблем РАН. В дальнейшем в проект планируется включить все 14 регионов, которые питает один из крупнейших в мире речных бассейнов. Проект активно поддерживают промышленные компании: холдинговая компания «СДС-Уголь» (Кузбасс), Русская медная компания (Челябинская область). Активно ведутся переговоры с другими крупными предприятиями в регионах-участниках.

Проект направлен на создание цифровой модели комплексного управления водными ресурсами речного бассейна, в соответствии с международным стандартом, в целях устойчивого развития территорий, решения актуальных технологических, экологических и

социально-экономических задач на территории Обь-Иртышского бассейна. Он предполагает создание первого в мире цифрового двойника речного бассейна для построения системной работы по оздоровлению Обь-Иртышского бассейна и его притоков – рек регионального значения (Томь, Миасс, Тобол, Тура, Иртыш). Проектный замысел включает апробацию передовых биотехнологий и современных методов гидробиомониторинга, прогнозирования динамики развития техногенных процессов и состояния природных экосистем, чтобы в перспективе перейти к системному снижению накопленного экологического ущерба [4].

Технологической основой проекта предполагаются цифровые системы гидрологического мониторинга за качеством речной воды и сбросов сточных вод, применение цифровых моделей по типу «цифрового двойника» или «цифровой тени». Информация для моделирования будет собираться с различных датчиков, расположенных в водном объекте, а также благодаря съемке со спутников и беспилотных летательных аппаратов. Полученные данные собираются, обрабатываются и далее участвуют в замкнутом цикле информационного обмена между реальным бассейном и его виртуальной копией. Эта информация будет составлять, так называемую, цифровую тень – обширнейшую базу данных со всеми характеристиками водного объекта. На основе полученных характеристик будет формироваться программный аналог реального объекта или цифровой двойник [5] суть которого в сборе и повторном использовании цифровых данных.

С помощью создания цифровой модели и внедрения цифровых систем мониторинга за реками Обь-Иртышского бассейна можно будет решить проблему оперативного мониторинга состояния рек: обмеление рек Сибири, выявление основных факторов негативного влияния уровня техногенной нагрузки на речные экосистемы [6]. Цифровые технологии позволят оперативно контролировать изменение основных параметров качества воды. Полученная информационная основа поможет определить пути решения проблем, связанных с накопленным и текущим экологическим ущербом.

Пользователями результатов проекта предполагаются заинтересованные лица всех уровней: Минприроды, Минсельхоз России и подведомственные им структуры, Роспотребнадзор, региональные органы исполнительной власти, промышленные предприятия, профессиональное научное сообщество и общественность. Это позволит обеспечить доказательную базу состояния экосистем и возникающих нарушений, оперативно и эффективно на них реагировать, минимизировать последствия и в перспективе создать условия, предотвращающие нарушения экологического и водного законодательства ввиду прозрачности и наглядности информации в режиме реального времени» [7]. В дальнейшем созданная система гидромониторинга, прогнозирования и моделирования позволит создать реальный управленческий инструмент поддержки принятия решений.

Участие в проекте крупных промышленных предприятий, которые оказывают негативное воздействие на речные экосистемы, необходимо для модернизации их технологических процессов. Ожидается, что внедрение новых технологий позволит существенно снизить себестоимость производств за счет снижения уровня ущерба, причиняемого окружающей среде, и, соответственно, ежегодных затрат на его возмещение. Кроме того, проект предполагает разработку нового типа оборудования мирового уровня в соответствии с изменением технологических процессов базовых промышленных предприятий. Ожидается, что проект станет основой для создания в стране отрасли экологического машиностроения [6].

До конца 2019 г. планируется создать межрегиональную сеть пилотных экологических полигонов, которые станут местом апробации и демонстрации эффекта новых природосберегающих технологий, а также образовательными площадками для реализации сетевых образовательных программ в направлениях экологии и биотехнологий [8].

Таким образом, для успешной цифровизации водного хозяйства России существенное значение имеют следующие предпосылки.

Прежде всего, государство должно выполнять ведущую роль в проектах внедрения цифровых технологий в водном хозяйстве Российской Федерации. Это обусловлено стратегическим значением водных ресурсов для обеспечения водной безопасности

государства, масштабом охвата территорий, необходимостью контроля потоков данных и обеспечения информационной безопасности водного сектора.

В случае продуманного и системного подхода цифровые технологии могут стать значимым фактором развития водного хозяйства России в долгосрочной перспективе. Большое значение играет мультипликативный эффект, который проявится в отраслях экономики за счет повышения производительности труда и эффективности использования природного капитала.

Государство управляет огромной водохозяйственной инфраструктурой – водный фонд, гидротехнические, водозаборные сооружения, объекты ЖКХ, здания и сооружения, водопроводные и канализационные сети, сооружения и трассы переброски стока и пр. – и обладает максимальным экономическим потенциалом для цифровизации, с точки зрения повышения энергоэффективности и сокращения затрат на обслуживание производственных и непроизводственных активов. Но развитие в этом направлении сдерживается тем, что инфраструктура значительно стара и изношена и требует внушительных затрат на обслуживание и ремонт. Кроме того, инвестиционные бюджеты постоянно секвестируются, а рост тарифов, платежей в бюджет за водопользование ограничен, что не способствует созданию возможностей оперативно внедрять новые технологии.

В то же время, государство, используя бюджетные резервы для развития, может реализовать пилотные проекты и затем тиражировать успешный опыт в масштабах страны или отдельных регионов. Данное решение позволит оптимизировать бюджетные расходы, улучшить качество жизни, среды обитания и безопасность населения по водному фактору.

Существенной проблемой при внедрении цифровых технологий в сфере водного хозяйства является сложившийся подход к организации процесса управления. Традиционно сложно изменять внутренние процессы организации, регламенты, документооборот, подходы к получению и обработке информации, режим реагирования на полученную информацию. В особенности это касается оперативной работы с информацией в онлайн-режиме, поскольку она предполагает такое же быстрое принятие управленческих решений и переход на новый уровень регулирования не только между подразделениями внутри организации, но и с внешней средой в случае взаимодействия с водопользователями, реагирование на изменения водохозяйственной обстановки или изменение режимов водохранилищ. Требуется значительное увеличение гибкости, но это изменение требует культурной трансформации управленцев, персонала, водопользователей и всех участников водных отношений.

Одним из серьезных вызовов является интеграция цифровых технологий с уже существующими информационными системами, которые зачастую из-за экономических причин предпочитают «лоскутную» или «ручную» интеграцию, а не встраивание в сквозной процесс.

Очевидно, что потребность в упорядочивании и концептуальном пересмотре состава потоков данных в управлении водными ресурсами, а также источников их получения нарастает прогрессивными темпами и этот процесс будет только усиливаться. В связи с этим инициативы генерирования цифровых проектов в водном хозяйстве должны проходить процедуру тщательного анализа, а успешные пилотные проекты внедряться в практику управления как на национальном, так и на региональном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IoT, Driving Verticals to Digitization. Smart Water / Huawei Technologies Co., Ltd. URL: https://www.huawei.com/minisite/iot/en/smart-water.html.
2. Smart Cities: Smart Technologies and Infrastructure for Energy, Water, Transportation, Buildings, and Government: Business Drivers, City and Supplier Profiles, Market Analysis, and Forecasts. Research Report of Navigant Research/ URL: http://boletines.prisadigital.com/smartcities.pdf.

3. «Интернет вещей» (IoT) в России Технология будущего, доступная уже сейчас: Аналитическое исследование / ООО «ПрайсвотерхаусКуперс Консультирование», 2017. URL: https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/iot-in-russia-research-rus.pdf
4. Проект ученых Кузбасса по цифровизации и оздоровлению Сибири и Урала подготовят для рассмотрения в Госсовете РФ / Бизнес-портал ООО «Континент Сибирь. Холдинг». 22.07.2019. URL: https://ksonline.ru/352380/proekt-uchenyh-kuzbassa-po-tsifrovizatsii-i-ozdorovleniyu-sibiri-i-urala-podgotovyat-dlya-rassmotreniya-v-gossovete-rf/
5. *Девянин И.* Реки: реальные и цифровые / Новости от 2.07.2019. Областная газета Кузбасс. URL: http://kuzbass85.ru/2019/07/02/reki-realnye-i-tsifrovye/.
6. Два промышленных предприятия присоединятся к проекту по оздоровлению рек Урала и Сибири/ 12 ИЮЛ, 12:35 https://futurerussia.gov.ru/nacionalnye-proekty/690051
7. ИННОПРОМ-2019: проект «Цифровой Обь-Иртышский бассейн» привлекает новых участников / Официальный сайт Центра компетенций Национальной технологической инициативы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого // https://nticenter.spbstu.ru/news/6984
8. Проект ученых Кузбасса по цифровизации рек Обь-Иртышского бассейна привлек новых участников на форуме ИННОПРОМ-2019 / Официальный сайт Правительства Кемеровской области https://ako.ru/news/detail/-proekt-uchenykh-kuzbassa-po-tsifrovizatsii-rek-ob-irtyshskogo-basseyna-privlek-novykh-uchastnikov-n

УДК [556.16+556.5]:556.5.04(985)

К ВОПРОСУ О ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОВЕРХНОСТНЫМ ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ СУШИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Муждаба О.В., Румянцева Е.В., Шестакова Е.Н., Третьяков М.В., Терехова Р.А., Трунин А.А.
Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия
aqua_olga@aari.ru

Ключевые слова: государственный водный реестр, морфометрические характеристики водных объектов, гидрографическое и водохозяйственное районирование, устьевые области рек.

В статье поставлены актуальные вопросы качества гидрологической информации по поверхностным водным объектам суши Российской Арктики. Определена задача обновления в государственном водном реестре РФ сведений о морфометрических характеристиках водных объектов на основе современных цифровых карт с использованием геоинформационных технологий. Проведен выборочный анализ ежегодных данных гидрологической сети наблюдений Росгидромета, которые открыты и доступны в автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) Росводресурсов. Отмечено, что при исключительной значимости созданной АИС ГМВО возникают серьезные вопросы к правомерности размещения в ней не прошедших экспертизу ежегодных данных, которые во многих случаях имеют разночтения с данными, опубликованными в гидрологических ежегодниках Росгидромета. Выявлены разночтения в данных по толщинам льда, ледовым явлениям, а также о стоке воды крупных сибирских рек Енисей, Анабар, Лена. Использование непроверенных данных АИС ГМВО в научных исследованиях может приводить к противоречивым выводам в части последствий изменения климата на режим водных объектов в Арктической зоне РФ. Поставлена задача уточнения водохозяйственного районирования устьевых областей рек, впадающих в море, как самостоятельных и уникальных водных объектов. Описаны существенные недостатки водохозяйственного районирования Арктической зоны на примере бассейнов рек Северная Двина, Пясина и части водохозяйственных участков Нижнеобского бассейнового округа.

ON THE ISSUE OF AUTHENTITY OF HYDROLOGICAL INFORMATION ON TERRESTIAL SURFACE WATER BODIES OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

Muzhdaba O.V., Rumyantseva E.V., Shestakova E.N., Tretyakov M.V., Terekhova R.A., Trunin A.A.
Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia

Key words: State Water Register, morphometric characteristics of water bodies, hydrographic and water management zoning, river mouth areas.

The article discusses current issues of the quality of hydrological information on surface water bodies of the Russian Arctic. The objective of updating information on water bodies, including their morphometric characteristics based on modern digital maps using geographic information technologies, is determined. Selective analysis of the annual data from the hydrological observation network of Roshydromet that are open and accessible in the automated information system of state monitoring of water bodies (AIS SMWB) by Rosvodresursy is carried out. Taking into account exceptional significance of the created AIS SMWB, it is noted that, serious questions arise regarding the legality of placing non-expert annual data, which in many cases are inconsistent with

published in hydrological yearbooks of Roshydromet. Inaccurate information on ice thicknesses, ice phenomena, as well as on the water runoff of the large Siberian rivers Yenisei, Anabar, Lena is identified. The use of unverified AIS SMWB data can lead to inconsistent findings regarding the effects of climate change on the regime of water bodies in the Arctic zone of the Russian Federation. The objective is to clarify the water management zoning in the mouth areas of the rivers flowing into the sea as independent and unique water bodies. Significant imperfections of water management zoning of the Arctic zone are described on the example of the river basins of the Northern Dvina, Pyasina and parts of the water resources region of the Lower Ob basin district.

ВВЕДЕНИЕ

Низкая плотность населения и особые природные условия Арктики – основные причины высокой водообеспеченности этого региона, однако проблемы водопользования и водной безопасности здесь стоят не на последнем месте. Начало нового этапа освоения Российской Арктики сигнализировало о необходимости актуализации данных о водных объектах для целей обеспечения потребностей коммунально-бытовых хозяйств, судоходства и промышленности. Достоверная информация о ресурсах необходима как для прогнозов изменений водного режима и возникновения экстремальных явлений, так и для расчетов водохозяйственных балансов. Рост интереса к добыче углеводородов в устьевых областях рек, например, в акваториях Обской и Тазовской губ, требует новых сведений об особенностях гидрологического режима в этих переходных зонах смешения вод.

Цель настоящего исследования – выделение и описание вопросов достоверности сведений о поверхностных водных объектах суши Арктической зоны РФ на основе системного анализа различных источников информации.

Территория Арктической зоны РФ в данной работе определяется по административно-территориальной [1] и водноресурсной границам [2].

Выделены три ключевые проблемы современного состояния гидрологической информации. Во-первых, сведения, определенные в середине XX века и изданные в томах гидрологической изученности [3] государственного водного кадастра, требуют уточнения и обновления. Во-вторых, в открытых данных системы государственного мониторинга водных объектов Росводресурсов встречаются недостоверные сведения при сопоставлении их с прошедшими экспертизу данными гидрологических ежегодников Росгидромета. В-третьих, в Водном кодексе РФ отсутствует закрепление устьевых областей рек, впадающих в море, как самостоятельных поверхностных водных объектов, имеющих особый режим, отличающийся от сугубо речных или морских вод, с чем связана неоднозначная интерпретация границ устьев рек, впадающих в море.

Уточнение и обновление основных сведений (морфометрических характеристик) поверхностных водных объектов суши в государственном водном реестре

Для решения многих водохозяйственных задач необходимо иметь достоверные сведения о морфометрических характеристиках водных объектов, таких как местоположение истока и устья рек, длина водотоков, площадь водосбора, площадь зеркала озер и др.

До 80-х гг. XX века были определены морфометрические характеристики изученных (исследованных) водных объектов суши, которые были опубликованы в изданиях государственного водного кадастра, в частности в томах справочника гидрологической изученности [3]. Эти сведения послужили основой для государственного водного реестра России (ГВР) после принятия нового Водного кодекса в 2006 г., активно используются и являются незаменимыми для гидрологических, гидрохимических, гидроэкологических и водно-балансовых расчетов, а также для научных исследований.

Однако со временем значительная часть водосборных бассейнов, рек и озер претерпевает изменения, вызванные природными и антропогенными факторами. Поэтому возникает необходимость уточнения ранее изученных водных объектов и внесения сведений о вновь исследованных. Вопрос обновления основных сведений о водных объектах уже

ставился современными учеными-гидрологами [4, 5]. Данные государственного водного реестра устаревают и требуют актуализации. Особенно это важно для районов активной хозяйственной деятельности в Российской Арктике. Так, составленный авторами перечень водотоков и водоемов на территории АЗРФ, обновленные морфометрические характеристики которых необходимо внести в ГВР, включает 244 объекта.

Важной гидрографической характеристикой является площадь водосбора рек. На основе современных цифровых карт [6] и цифровой модели рельефа с использованием геоинформационных технологий авторами вычислены площади больших рек, впадающих в море и их крупных притоков первого порядка. Разночтения с данными водного реестра составляют 1–7 %. Например, площадь водосбора р. Хатанги составляет 387 700 км^2, а в справочнике гидрологической изученности [3] опубликовано значение 364 000 км^2. Таким образом, разночтение составляет 23 700 км^2 или 6,5 %, что для большой сибирской реки разница является существенной. Аналогичная разница площадей водосборов р. Алазеи 3 360 км^2 (5,2 %). Также в современных открытых информационных ресурсах [7], которыми отчасти пользуются исследователи и изыскатели, встречаются опечатки, унаследованные при оцифровке томов гидрологической изученности. Например, по цифровой карте площадь водосбора р. Эльги (Якутия) составляет 22 800 км^2, а в томе гидрологической изученности 68 200 км^2. Обнаруженные в томах гидрологической изученности ошибки и опечатки были отмечены и исправлены в последующих выпусках государственного водного кадастра, но не были учтены при оцифровке томов гидрологической изученности.

Разночтения данных гидрологических наблюдений государственного мониторинга водных объектов

Созданная в системе Росводресурсов АИС ГМВО [8], безусловно, является технологически уникальной, современной и значимой. С 2008 г. Росгидромет безвозмездно передает данные гидрологических наблюдений в Росводресурсы, данные Водного кадастра по водотокам и водоемам РФ для внесения в государственный водный реестр [9], которые размещаются в АИС ГМВО. Эти данные, особенно за многолетний период наблюдений, предназначены для широкого круга задач в области гидрологии, водного хозяйства, инженерных изысканий, проектирования и строительства гидротехнических сооружений и экологии.

Эти же сведения, но прошедшие проверку, первичную обработку и критический анализ в оперативно-производственных подразделениях Росгидромета, а затем редакторскую проверку в УГМС публикуются в гидрологических ежегодниках по поверхностным водным объектам суши (ЕДС), при этом значительная часть сведений исправляется и дополняется. Но данные, загруженные ранее в систему АИС ГМВО не обновляются.

Замыкающие створы больших рек, впадающих в море, относятся к устьевой наблюдательной сети и данные наблюдений публикуются в ежегодных данных по морю (ЕДМ) в части морских устьев рек. Специалистами ААНИИ осуществляется экспертный анализ данных, публикуемых в ежегодных данных по морю (ЕДМ), в том числе по устьям рек арктических морей.

В ходе выборочной проверки ежегодных данных гидрологической сети наблюдений, которые открыты и доступны в АИС ГМВО, с данными, публикуемыми в изданиях Водного кадастра, выявлены факты несоответствия гидрологической информации. Отмечены расхождения в ледовом режиме (р. Хатанга – с. Хатанга за 2009 г.), среднесуточных и среднемесячных расходах воды (р. Печора – с. Оксино за 2009 г.) и толщинах льда (р. Надым – г. Надым, речпорт, 2009–2010 гг.).

Использование сведений АИС ГМВО в части ежегодных данных о гидрологическом режиме водных объектов возможно лишь для предварительных оценок и выводов. Для полноценного использования информационного ресурса важно разработать регламент обновления данных, после их официального опубликования в информационных изданиях Водного кадастра.

В ходе многочисленных научно-методических инспекций ААНИИ в УГМС выявлены существенные недостатки в обеспечении надежности и однородности многолетних рядов наблюдений. Основными причинами выявленных недостатков является недостаточный уровень оперативно-методического руководства сетевыми подразделениями со стороны УГМС, что связано с дефицитом квалифицированных кадров на всех уровнях. Длительные пропуски наблюдений или их отсутствие в течение последних десятилетий ставят под сомнение качество оперативного обеспечения потребителей гидрологической информацией и объективную оценку многолетней изменчивости водных ресурсов в Арктической зоне РФ. Например, не обеспечивается контроль высотной основы водомерных постов, из-за чего в многолетнем плане нарушается однородность данных об уровне и расходах воды. Также обнаружена проблема публикации в гидрологических ежегодниках таблиц ежедневных расходов воды при отсутствии измеренных расходов воды на посту. Публикация такой информации является грубым нарушением положений нормативных и методических документов о подготовке изданий Водного кадастра.

При анализе сведений в АИС ГМВО также выявлены случаи размещения среднесуточных и характерных расходов воды и их обобщений, которые не обеспечены круглогодичными измеренными расходами воды на гидрологических створах.

Например, на замыкающем створе р. Енисей, гидрологический пост которого находится в г. Игарка, расходы воды не измеряются с 1993 г. (в период ледостава) и с 2003 г. (в период открытого русла). Тем не менее, рассчитанные значения ежедневных расходов, не обеспеченные эмпирическими измерениями скоростей водного потока, публикуются в ЕДС (с соответствующими комментариями) и АИС ГМВО (без пояснений). Таким образом, пользователь АИС ГМВО воспринимает данные по р. Енисей – г. Игарка как надежные, а в реальности на посту полностью разрушен гидрометрический створ и измерения расходов воды не проводятся уже десятилетиями. Аналогичная ситуация наблюдается на р. Анабар – п. Саскылах, р. Лена – с. Кюсюр, р. Оленек – гм.с. Ярольин, р. Оленек – гм.с.Сухана, р. Малая Куонапка – с. Джалинда

Использование непроверенных данных АИС ГМВО в научных исследованиях может приводить к противоречивым выводам в части последствий изменения климата на режим водных объектов в Арктической зоне РФ. В целях предотвращения использования для государственных, хозяйственных и коммерческих нужд недостоверных сведений гидрологических данных необходимо приостановить размещение среднесуточных и характерных расходов воды, а также их обобщений в АИС ГМВО, а ранее опубликованные сведения – удалить.

В дополнение к вышесказанному рекомендуем разместить в АИС ГМВО картографические материалы по гидрографическому районированию и водохозяйственному районированию бассейновых округов, аналогичные опубликованным [10, 11], которые не удалось обнаружить в контенте информационной системы.

Уточнение гидрографических и водохозяйственных границ устьевых областей рек, впадающих в море

В настоящее время устьевые области рек, впадающие в арктические моря, представляют особый интерес для населения и развивающейся хозяйственной деятельности.

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.02-77 «Классификация водных объектов» [12] устьевые области рек относятся к поверхностным водным объектам суши и являются самостоятельными водными объектами, наряду с озерами, водохранилищами и болотами. Водосборы и акватории устьевых областей больших рек представляют собой крупные аква-территориальные комплексы, находятся на территории РФ и являются объектами водного фонда, водные ресурсы которых используются или могут быть использованы [13]. Тем не менее, устьевые области рек, как водноресурсные объекты, не включены в водном законодательстве в перечень водных объектов, наряду с морями, водотоками, водоемами и другими (ВК ст.5 ч.2 п.1-2), а их границы не определены (ВК ст. 5 ч. 4).

В устьевых областях больших рек, впадающих в арктические моря, благодаря определяющему влиянию пресного речного стока, переходные зоны «река-море» и их морские границы смещены в сторону моря на сотни километров, захватывая акватории внутренних морских вод, а в некоторых случаях и территориального моря [14]. Это не учтено не только в Водном кодексе, но и в Федеральном законе № 155 о внутренних морских водах [15]. Указанный пробел в законодательстве приводит к тому, что различные ведомства определяют границу между рекой и морем по собственному усмотрению. Затем это ведет к нарушению природоохранного законодательства в части уникальных и самостоятельных поверхностных водных объектов – устьевых областей рек, при применении к ним подходов и принципов лицензирования добычи углеводородов, принятых для шельфа, как это происходит при разработке месторождений в Печорском море, Обско-Тазовской губе или Хатангском заливе [2]. При этом интересно отметить, что в методике гидрографического районирования (п.17) [16] указано требование включения акватории водного объекта в соответствующую гидрографическую единицу до линии Государственной границы РФ.

При ведении водохозяйственной деятельности отмечаются серьезные ошибки в примененной методике гидрографического [16] и водохозяйственного [17] районирования устьевой области Северной Двины, в дельте которой расположены города Архангельск и Северодвинск. При этом дельта реки исключена из гидрографической единицы 03.02.00 бассейн р. Северная Двина и как следствие водохозяйственного участка 03.02.03.004, что приводит к абсурдным судебным решениям по ценообразованию для водопользователей при заборе (изъятии) водных ресурсов из проток с пресной водой дельты Северной Двины или сбросе сточных вод в них.

В Мурманской области возникают вопросы при определении устьевых границ рек Туломы и Колы, впадающих в Кольский залив, и устьевых областей малых рек Кольского полуострова (р. Западная Лица и р. Ура) и применению к ним норм морского или водного права. Похожие проблемы отмечаются на водохозяйственных участках Нижнеобского бассейна водосбора Обской и Тазовской губы, где выявлены ошибки водохозяйственного районирования при выделении в один участок рек разных склонов Обской и Тазовской губы и рек Гыданского полуострова склона Обской и Гыданской губ, которые значительно отличаются по гидрологическому режиму.

Отдельного внимания заслуживает малоизученный гидрографический район 17.02.00 бассейн реки Пясины, который не имеет внутреннего деления и представляет собой водосбор Пясины, включая Норило-Пясинскую озерно-речную систему, и местные водосборы малых рек, впадающих в Карское море. В соответствии с гидрологической изученностью [3], собственно рекой Пясина является ее транзитный участок от истока из озера Пясино до выхода в море. Характерной особенностью водосборного бассейна реки является то, что примерно 20 % стока, впадающего в Карское море, формируется на водосборе Норило-Пясинской водной системы. Норило-Пясинская водная система испытывает наибольшее антропогенное воздействие от предприятий Норильского горно-металлургического комплекса и населенных пунктов Норильского района. Загрязнение вод р. Пясина распространяется ниже по течению в Пясинский залив Карского моря. Следовательно, согласно методике водохозяйственного районирования (п. 24, 28, 29) [17] в бассейне р. Пясина следует выделить Норило-Пясинскую водную систему в отдельный водохозяйственный участок, значительно отличающийся степенью антропогенного воздействия от всего водосбора р. Пясина [18]. Такое разделение фактически подтверждается в действующем СКИОВО и НДВ бассейна реки Пясины, где установлены лимиты на водозабор и сброс сточных вод как отдельно для р. Норилка, так и для всего бассейна р. Пясина [19].

Таким образом, поставлена задача по пересмотру перечня водохозяйственных участков для бассейнов больших рек, впадающих в море. При водохозяйственном районировании рекомендовано выделять устьевую область реки от замыкающего створа (расчетный створ, на котором проводят наблюдения за стоком воды) в отдельную водохозяйственную единицу. При этом необходимо уточнить методики по разработке СКИОВО и НДВ для устьевых областей рек как самостоятельных и уникальных водных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам изложенных вопросов можно сформулировать следующие выводы и рекомендации.

Необходимо уточнение сведений о поверхностных водных объектах суши, в том числе их морфометрических характеристик в связи с природными и антропогенными изменениями. Эту важнейшую работу следует проводить с помощью новых автоматизированных методов геоинформационных технологий на единой цифровой картографической основе.

Выборочный анализ ежегодных данных наблюдений государственной гидрологической сети, размещенных в информационной системе ГМВО выявил многочисленные факты разночтений с опубликованными данными в гидрологических ежегодниках Росгидромета. Для полноценного использования АИС ГМВО для государственных, научных, хозяйственных и коммерческих нужд необходимо разработать регламент обновления ее информационного ресурса, после официального опубликования данных наблюдательной сети в изданиях Водного кадастра.

Рассмотреть вопрос об обращении в Минприроды РФ с просьбой организовать работу по уточнению гидрографического и водохозяйственного районирования устьевых областей рек, впадающих в арктические моря с целью выделения их в самостоятельные водохозяйственные единицы.

Сформулированы требования по совершенствованию законодательной базы в части государственного мониторинга поверхностных водных объектов суши. Необходимо внести изменения в Водный кодекс, уточнив термин «водный объект» (ВК, ст.1 п.4), включить в перечень водных объектов устьевую область реки (ВК ст.5 п.1 п.2), а также определить порядок установления границ устьевой области реки по ее водосборной площади и на акватории (ВК ст.5 п.4), и внести важные коррективы в ст. 65 о водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах водных объектов для исключения разночтений при ее правоприменении.

Совершенствование системы управления водными ресурсами в целом и водохозяйственного планирования в частности является важной задачей современного природопользования, решение которой обеспечивается государственными органами исполнительной власти РФ при значительном вкладе обобщений и разработок научного сообщества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации. Указ Президента РФ от 02.05.2014 г. № 296. (в ред. Указов Президента РФ от 27.06.2017 г. № 287 и от 13.05.2019 № 220).
2. *Иванов В.В., Третьяков М.В.* Проблемы восстановления и развития системы гидрометеорологических наблюдений в устьевых областях рек Арктической зоны как основы государственного мониторинга этих поверхностных водных объектов // Общество. Среда. Развитие. 2015. № 4. С. 151–160.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т.1 Кольский полуостров, Т.3 Северный край, Т.15 Вып.3 Нижняя Обь, Т.16 Вып.1 Енисей, Т.17 Лено-Индигирский район, Т.19 Северо-Восток. Л.: Гидрометеоиздат, 1963. 1967.
4. *Виноградов А.Ю., Догановский Д.А.* Состояние гидрометрических наблюдений на малых реках // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2016. № 44. С. 23–29.
5. СТО ГГИ 52.08.40–2017. Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам. СПб.: ООО «РПЦ Офорт», 2017. 148 с.

6. Цифровые географические основы. URL: https://vsegei.ru/ru/info/topo/ (дата обращения: 01.07.2018).
7. Поиск по данным государственного водного реестра. URL: http://www.textual.ru/gvr/ (дата обращения 03.06.2019).
8. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). URL: https://gmvo.skniivh.ru/ (дата обращения 03.06.2019).
9. Обзор состояния системы гидрологических наблюдений, обработки данных и подготовки информационной продукции в 2018 году. URL: http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/obzor_seti_2018_240519.pdf (дата обращения 03.06.2019).
10. Гидрографическое районирование территории Российской Федерации. Кн. 1. М.: НИА-Природа, 2008. 541 с.
11. Гидрографическое районирование территории Российской Федерации. Кн. 2: Альбом карт-схем с нанесенными на них границами гидрографических единиц и опорными точками на этих границах. М.: НИА-Природа, 2008. 28 с.
12. ГОСТ 17.1.1.02-77 Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200005823 (дата обращения: 01.11.2018).
13. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 27.12.2018 № 538-ФЗ). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_60683/ (дата обращения 01.06.2019).
14. *Иванов В.В., Третьяков М.В.* Состояние и проблемы совершенствования государственного мониторинга устьевых областей рек Арктической зоны Российской Федерации // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2017. № 1 (94). С. 26–30.
15. Федеральный закон «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации» от 31.07.1998 № 155-ФЗ (ред. от 27.12.2018 № 525-ФЗ). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19643/ (дата обращения: 15.01.2019).
16. Приказ МПР РФ от 25.04.2007 № 112 «Об утверждении Методики гидрографического районирования территории Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68601/ (дата обращения: 14.03.2019).
17. Приказ МПР РФ от 25.04.2007 № 111 «Об утверждении методики водохозяйственного районирования территории Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_69350/ (дата обращения: 14.03.2019).
18. Румянцева Е.В. Анализ многолетней изменчивости водных ресурсов Норило-Пясинской озерно-речной системы в условиях антропогенного воздействия. Автореферат дис. … канд. геогр. наук. СПб., 2012. 24 с.
19. Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО). Нормативы допустимого воздействия (НДВ). URL: http://skiovo.enbvu.ru/ (дата обращения: 02.03.2018).

УДК 502/504:551.495:631.67

УПРАВЛЕНИЕ ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ - ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СУБИРРИГАЦИИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Мурадов Ш.О., Турдиева Ф.А.
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан
m.oikos@mail.ru

Ключевые слова: субирригация, водные ресурсы, поверхностные воды, подземные воды, дренажные воды, фильтрация, испарение, водосбережение, регулирование стока, устройство каскад, водоустойчивость, интегрированное управление.

Обоснована сущность и методика расчета устройства для регулирования стока рек, каналов и дренажной сети с целью управления подземными и поверхностными водами. Отмечена необходимость осуществления полной ирригации, которая состоит из гиперирригации и субирригации. Изложены принципы устройства для регулирования стока «каскад». На примере бассейна р. Кашкадарья выявлена эффективность данных сооружений для аридных экосистем мира.

SOIL WATERS MANAGEMENT AS AN IMPORTANT FACTOR OF SUB/IRRIGATION ON IRIGATED LANDS

Muradov S. O., Turdiyeva F.A.
Karshi Engineering/economic Institute, Karshi, Republic of Uzbekistan
m.oikos@mail.ru

Key words: sub/irrigation, water resources, surface, groundwater and drainage water, filtration, evaporation, water saving, flow control, cascade, water resistance, integrated management.

The essence and method of calculating the device for controlling the flow of rivers, canals and drainage network with the aim of managing groundwater and surface water is substantiated. The authors note the necessity to implement full irrigation which consists of hyper/irrigation and sub/irrigation. The principles of the device for regulating the flow "Cascade". Using the example of the Kashkadarya River basin, the effectiveness of these structures for arid ecosystems of the World is revealed.

В настоящее время проблема рационального природопользования и, в частности, водопользования, в аридных регионах представляется более сложной, чем это было несколько десятилетий назад [1]. В водохозяйственном комплексе особая роль должна принадлежать водооборотным технологиям, которые являются одним из инструментов решения основной задачи интегрированного управления (комплексного использования) водных ресурсов. В ирригационно-мелиоративном мероприятии (по В.Р. Вильямсу и А.Н. Костякову) это усиление биологического и замедление геологического круговорота воды и химических веществ [2]. Одним из источников экономии водных ресурсов является использование при соответствующих технико-экономических обоснованиях грунтовых вод для подпитки растений. Технология полуводооборотного мелиоративного цикла включает три стадии: «орошение – накопление грунтовых вод – увлажнение», является полузамкнутым процессом, что позволяет часть стока из большого геологического круговорота направлять в малый биологический круговорот.

Поверхностный сток и подземные воды образуют единый комплекс природных водных ресурсов. Однако, несмотря на провозглашенный принцип единства природных вод, они изучаются, оцениваются и эксплуатируются, как правило, как самостоятельные источники водоснабжения [3]. Поэтому регулирование взаимосвязи поверхностных и подземных вод, их

комплексное использование играет определяющую роль в обеспечении благоприятной экологической обстановки на орошаемых землях. Для этой цели, в первую очередь, необходимо сократить или исключить инфильтрационное питание грунтовых вод, т. е. создать и поддерживать в почвах определенное соотношение влаги и тепла [4].

Для повышения водоустойчивости орошаемых земель одним из резервов являются грунтовые воды. Однако эффективное их использование сдерживается отсутствием технических решений по регулированию стока в открытых сетях. В основном эти проблемы рассматривались при использовании дренажного стока на переувлажненных осушаемых землях в гумидной зоне. Здесь все большее применение находят осушительно-увлажнительные системы с использованием, когда это необходимо, дренажного стока на орошение. В аридной зоне новым поколением являются оборотные мелиоративно-увлажнительные системы двойного регулирования.

Мировой опыт водохозяйственных работ и наши многолетние региональные исследования (1975−2018) подтверждают, что внедрение модернизированных способов регулирования стока позволяет управлять грунтовыми водами, способствующими внедрению субирригации, и, тем самым, улучшить мелиоративно-гидрологические условия, водообеспеченность орошаемых земель и, главное, уменьшить интенсивность геологического и увеличить биологический круговорот воды и веществ. Еще в 1970 г. Н.Н. Веригин и Г.К. Асланов отмечали, что целесообразно создавать подъем уровня до нижней части корнеобитаемого слоя и осуществлять таким образом подземное орошение земель (субирригации) [5]. Это и есть адаптивно-модернизированная мелиоративно-гидрологическая технология повышения водоустойчивости орошаемых земель.

Системы двойного регулирования (субирригации) в аридной зоне необходимо осуществлять при пресных грунтовых водах. Уровень их не следует понижать. Наоборот, при таких условиях идет луговый процесс, сопровождающийся накоплением гумуса и улучшением структуры почв. Потребность в оросительной воде в этих случаях снижается в 1,5−2 раза. Технико-экономический анализ показал, что при гидрокарбонатном типе засоления почв, без дополнительных профилактических мероприятий, применение субирригации возможно на землях с минерализацией грунтовых вод – 1,5 г/л, а при сульфатном – 2,0 г/л [6]. По достижении грунтовыми водами мелиорируемой территории и минерализации ≤2−3 г/л целесообразно начать сокращение оросительных норм и числа поливов за счет субирригации. При опресненности грунтовых вод до 3 г/л в толще водоносного горизонта 8−10 м субирригация может составить примерно 50−60 % суммарного водопотребления хлопчатника, люцерны. Наземные оросительные нормы можно сократить при этом до 1−3 тыс. м^3/га [20]. Отдельные исследователи, например, М. Иброхимов, Р. Ишчанов и Х. Жаббаров [7], С. Исаев [8], Б. Суванов, Ж. Машарипов [9] рекомендуют использовать субирригацию при минерализации ГВ до 3г/л, а Е. Койбакова [10] − до 7 г/л. При среднем уровне грунтовых вод на супесчаном и песчаном полях, около 1,4 м и 0,7 м, величина подпитки из грунтовых вод составила 12−47 % от водопотребления культуры [11]. По исследованиям С. Исаева в Центральной Фергане, за счет полива методом субирригации урожайность хлопка увеличилась на 1,5−3 ц/га, число поливов уменьшилось в 1,5 раза и более [12]. Опыты в Кашкадарьинской области (Касбинский район) определили экономию оросительной нормы, которая составила 3150 м^3/га и повышение урожайности хлопчатника на 7 ц/га [8]. В Хорезмской области при слабозасоленных грунтовых водах двойное регулирование ГВ позволило уменьшить оросительную норму в 1,2−1,5 раза и повысить урожайность хлопчатника на 6−13 ц/га [13].

Перспективность субирригации обосновывается многими учеными и специалистами. Ф. Караджи, В. Мухамеджанов, Ф. Вышпольский убедительно подчеркивают, что применение подпорных сооружений неизбежно повысит водообеспеченность орошаемых земель (особенно в маловодные годы) за счет увеличения расхода подземных вод на субирригацию.

Как отмечают А. Каримов, К. Мирзаджанов и С. Исаев, дренажно-сбросные воды представляют значительный объем в Центральноазиатском регионе. С одной стороны, это связано со значительными площадями орошаемых земель, более 7 млн га только в бассейне

Аральского моря, с другой – неэффективностью ирригационных систем, в результате чего только 30−35 % воды, забранной из источников, расходуется продуктивно. Около 40 % воды, забранной из источников, участвует в формировании дренажно-сбросных вод. Учитывая объемы этих вод, следует признать, что проблема продуктивной утилизации этих стоков является весьма актуальной [14].

Еще прозорливее утверждают А.П. Айдаров и А.И. Голованов [15]: «Строительство коллекторно-дренажных систем, обеспечивая поддержание уровня грунтовых вод на необходимой глубине, одновременно играет отрицательную роль, так как резко увеличивает интенсивность геологического круговорота и геохимической миграции». Как бы дополняя эту мысль, А. Сапаров и Ф. Вышпольский отмечают, что параметры ирригационных систем должны предусматривать, не только вымыв солей, но и накопление органо-минеральных соединений в почвах за счет усиления малого биологического круговорота веществ [5].

Это еще в большей степени требует модернизации дренажной сети. Анализ мелиоративно-гидрологических условий Узбекистана показал, что на орошаемых землях республики возможно внедрение субирригации (это Ташкентская, Ферганская долина, Самаркандская, Кашкадарьинская и Сурхандарьинская области). Исследования показали, что наиболее благоприятными условиями для этого обладают верхние эколого-водохозяйственные районы Узбекистана – районы пресных грунтовых вод (сазовая зона).

Как показал анализ динамики ГВ региона, наблюдается иссушение зоны аэрации (почвенная засуха), водообеспеченность этих районов в маловодный год (1925, 1926, 1927, 1941, 1986, 2000, 2001, 2011, 2016, 2018) колеблется в пределах 52−67 %. Идентична картина истощения ГВ, понижение их уровня наблюдается во многих странах мира, прежде всего, в Индии, Ливии, Саудовской Аравии, США. В Северном Китае произошло понижение уровня ГВ, более чем на 30 м на территории, где проживает свыше 100 млн человек. Определено, что 10 % мирового урожая зерновых производится с использованием ГВ [16].

Мы придерживаемся того мнения, что в ряде районов снижение уровней грунтовых вод и уменьшение объёма испарения может привести к нежелательным изменениям общих ландшафтных условий. По рекогносцировочным обследованиям (1975−2018 гг.) верхнего и среднего ЭВХР установлено резкое высыхание отдельных садов и виноградников, основной причиной которого является уменьшение водообеспеченности, понижение уровня ГВ ниже критического интервала, что привело к ухудшению мелиоративно-гидрологических условий зоны аэрации.

Учитывая практику гиперирригации прошлых лет, пресный характер грунтовых вод и превалирование сульфатных солей в ГВ верхних и средних районов юга Узбекистана, в целях экономии водных ресурсов, регулирования водно-воздушного и водно-солевого режимов и улучшения мелиоративно-гидрологических условий орошаемых земель, считаем необходимым мероприятием внедрение субирригации путем сооружения модернизированных устройств для регулирования стока с учетом рельефа, водохозяйственных и мелиоративно-гидрологических условий, каскада сооружений.

Термин и первые конструкции водооборотных осушительно-увлажнительных систем, как отмечает К.В. Губер [17], предложены И.В. Минаевым (1977).

Регулирование стока поверхностных вод с целью рационального их использования в значительной степени исследовано. В то же время вопросы управления подземным стоком, химическим составом и режимом подземных вод разработаны еще недостаточно. Это зачастую приводит к крупным просчетам в гидромелиоративном строительстве.

Предлагаемое устройство для регулирования дренажного стока устанавливается на основе расчета и включает в себя регулирующий орган, выполненный в виде порога с продольными прорезями, отличающимися тем, что с целью обеспечения саморегулирования стока, суммарная площадь прорезей уменьшается по глубине.

Многолетними исследованиями А.Шольца (1966) на песчаных почвах с коэффициентом фильтрации 13−17 м/сут в Германии установлена зона эффективного подпора при шлюзовании, равная 200 м.

Таким образом, можно осуществлять управление (менеджмент) поверхностными и подземными, в частности, грунтовыми, водами. Лучше, чем Эрик Эрикссон и Сиверт Йоханссон, наверное, не скажешь, разведование, использование и управление грунтовыми водами – постоянные процессы, обеспечивающие потребности в воде настоящего и будущих поколений и исправляющие ошибки прошлого (2000).

На примере реки Кашкадарья выявлено, что в нижней части по многолетним данным (1938–2014 гг.) гидропоста Больничный (ныне Карши) в невегетационный период сток составляет около 200 млн м^3. Они сбрасываются в пустыню Кизилкум через акведук Аму-Бухарского канала, где образуются временные искусственные озера и загрязняют окружающую среду. Помимо этого, данные холостые сбросы усиливают русловую эрозию.

Следует отметить, регулирование стока рек и оросителей в этих районах необходимо не только для улучшения мелиоративно-гидрологических условий, повышения водообеспеченности сельскохозяйственных культур, но и для полного осуществления процесса ирригации через гипер- и субирригацию, увеличения биологического и уменьшения геологического круговорота веществ (Подобные устройства [18, 19] построены на дрене Акрабат (1990 г.) и канале Айрум (2012) при поддержке ПРООН проект УКРУ). Данные устройства рекомендуется сооружать на речной и ирригационно-мелиоративной сети с целью интегрированного управления водными ресурсам как меры по адаптации к изменению климата.

Многолетние исследования (1975–2018 гг.) подтвердили, что в связи с изменением климата сопровождающийся учащенными засухами как атмосферы, так и почвы (ожидается, что в следующие 50 лет температура в Узбекистане повысится на 2–3 градуса, William R., Sutton, Jitendra P., Srivastava and James E. Neumann,2013) появилась необходимость наряду с регулированием стока дренажной сети устраивать идентичные сооружения для регулирования стока рек и оросителей не в единичном, а в каскадном порядке.

Резюмируя, следует считать, что субирригация в этих районах необходима не только для улучшения мелиоративно-гидрологических и гидроэкологических условий, повышения водообеспеченности сельскохозяйственных культур, но и для полного осуществления процесса ирригации совместно с гиперирригацией, увеличения биологического и уменьшения геологического круговорота веществ. Данные устройства рекомендуются сооружать на оросительной и речной сетях с целью управления стоком и выработки электроэнергии, т.е. для водоустойчивого ведения работ путем интегрированного управления водными ресурсам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Савельев В.Ю.* Экологический менеджмент. М.: Логос, 2001. 126 с.
2. *Пыленок П.И.* Обоснования водооборотных мелиоративных технологий // Сб. науч. трудов ВНИИГиМ РАСХН. Рязань, 2004. С. 148
3. *Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л.* Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М.: Научный мир, 2010. 232 с.
4. *Парфенова Н.И., Исаева С.Д., Рыбина Н.Н., Бондарик И.Г.* Взаимосвязь поверхностных и подземных вод при мелиорации и экологическая устойчивость природных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 5. С. 35–38.
5. *Веригин Н.Н., Васильев С.В., Куранов Н.П., Саркисян В.С., Шульгин Д.Ф.* Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод / под ред. Веригина Н.Н. М.: Колос, 1979. 336 с.
6. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система: патент РФ № 2233075, ПМК A01G / П.И.Пыленок, В.В. Бородычёв, А.М. Салдаев. № 2003104219/12; заявл.12.02.2003; опубл. 27.07.2004.
7. *Исаев С.* Закбур суви ва субирригация// O’zbekiston qishloq xo’jaligi. Тошкент, 2007. № 6. С. 21.

8. *Исаев С., Ражабов Т.* Тақирсимон тупроқлар шароитида субирригация усулида суғрилганда ғўза ҳосилдорлигига таъсири// O’ zbeison qishloq xo’jaligi. Тошкент, 2008. № 3. С. 11–12.
9. *Суванов Б., Машарипов Ж.* Ғўзани субирригация усулида суғориш // O’zbekiston qishloq xo’jaligl. Ташкент, 2008. № 12. С. 14.
10. *Койбакова Е.* Оросительные нормы при орошении водой повы-шенной минерализации// Материалы международного семинара ИКАРДА. Тараз, ИЦ АКВА, 2002. С. 110–118.
11. *Крылов М.М.* Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана. Ташкент, АН РУз, 1959. 236 с.
12. *Исаев С.* Субирригация// O’zbekiston qishloq xo’jaligi. Тошкент, 2007. № 1. С. 12.
13. *Джалилова Т., Маткаримов Ж.* Изучение влажностного режима почв при двойном регулировании в целях экономии воды в условиях Хорезмского оазиса // O’ zbekiston qishloq xo’jaligl. Ташкент, 2008. № 3. С. 38–40.
14. *Караджи Ф., Мухамеджанов В., Вышпольский Ф.* Совместное использование поверхностных и грунтовых вод на орошение – стратегия преодоления засоления почв и дефицита воды // Мат-лы международного семинара ИКАРДА. Тараз: ИЦ «АКВА», 2002. С. 28–38.
15. *Айдаров И.П., Голованов А.И.* Мелиорация земель в России: Научное обоснование, современный подход // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 5. С. 22–27.
16. *Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М.* Осушительно-увлаж-нительная мелиоративная система // Государственное патентное ведомство РФ. Свидетельство № 2233075. 27.07.2004.
17. *Гранат О., Магнуссон К., Мальмквист И.* Менеджмент грунтовых вод. В кн.: Менеджмент речного бассейна. Минск: Технопринт, 2000. Т. 3. С. 97–112.
18. А.С. 990952. Устройство для регулирования дренажного стока / Валуконис Г.Ю., Мурадов Ш.О. // 1980.
19. А.С. 1656053. Устройство для регулирования дренажного стока / Мурадов Ш.О., Валуконис Г.Ю. и др. // 1987.

УДК 551.583

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ШУ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Камалиев А.М.
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
z-mustafa@rambler.ru

Ключевые слова: климат, водосбор, река, бассейн, анализ, оценка, температура воздуха, атмосферные осадки, ландшафт.

На основе многолетних информационно-аналитических материалов «Кыргызгидромет» (Кыргызской Республики) и «Казгидромет» (Республики Казахстан) (1930–2017 годы), то есть метеорологических станций, расположенных в водосборе бассейна трансграничной реки Шу, в разрезе природно-географических зон: горная (элювиальная), предгорная (трансэлювиальная), предгорная равнина (трансаккумулятивная) и равнинная (супераквальная и субаквальная) с использованием данных о среднегодовых температурах воздуха и атмосферных осадках, выполнена оценка изменения климата, характеризующая климатический профиль территории водосбора речных бассейнов.

CLIMATE CHANGE IN THE TERRITORY OF WATER COLLECTION OF THE SHU RIVER BASIN IN THE CONDITIONS OF ANTROPOGENIC ACTIVITIES

MustafaevZh. S., Kozykeyeva A. T., Kamaliyev A.M.
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan
z-mustafa@rambler.ru

Key words: climate, catchment, river, basin, analysis, assessment, air temperature, precipitation, landscape.

The article discusses assessments of the climate change that characterizes the river basins' catchment climatic profile. During many-year studies «Kyrgyzhydromet» (Kyrgyz Republic) and «Kazhydromet» (Republic of Kazakhstan), that is, meteorological stations located in the catchment area of the transboundary Shu River, gathered a lot of information/analytical materials covering the years 1930-2017, in terms of natural and geographical zones: mountainous (eluvial), piedmont (transeluvial), piedmont plain (transaccumulative) and flat (superaqual and subaqual) using average annual air temperatures and precipitation that showed the average temperature increase and precipitation decrease.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение водной безопасности в Центральной Азии, где возобновляемые водные ресурсы региона формируются в горных экосистемах Тянь-Шаня и Памира за счет таяния сезонного снежного покрова и ледников, относится к глобальным проблемам, связанным с изменением климата и рассмотренных в рамочных конвенциях ООН об изменении климата, принятых на «Саммите Земли» в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Изменение средообразующих или экологических функций снежно-ледового покрова в зоне формирования стока, обусловленное глобальным потеплением климата, приводит к резкому обострению проблемы обеспечения водой населения и отраслей экономики региона. Среди огромного количества задач, связанных с исследованием климатического профиля водосбора речных бассейнов, центральной является проблема предсказания климата, то есть статистическое описание будущего состояния климатической системы. На ближайшую перспективу, наряду с прогнозом изменений в климатической системе, происходящих под влиянием антропогенного фактора, особое значение представляет получение достоверной информации о состоянии

климата в водосборах речных бассейнов, которая является одной из важнейших задач в области исследования климата.

Цель исследований – анализ уровня наблюдаемых и ожидаемых климатических изменений в водосборе бассейна реки Шу для принятия эффективного решения необходимых действий по адаптации к климатическим изменениям.

Объект исследований. Река Шу – главная река северного Кыргызстана, берущая начало в ледниках Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, образуется при слиянии рек Кочкор и Джуванарык. Общая площадь бассейна – 68 тыс. км^2, 57 % этой территории приходится на Кыргызстан и 43 % – на Казахстан. Главными притоками Шу являются реки Чон-Кемин и Курагаты. На равнинной территории русло реки разделяется на несколько рукавов – Гуляевские (Фурмановские) разливы, Уланбельские разливы, аккумулирующие зимний сток, и Камкалинские разливы, аккумулирующие весенний сток.

Методика исследований. При проведении геофизических, и, в частности, климатических исследований, использованы традиционные методы математической статистики для описания поведения и изменчивости метеорологических параметров, оценки линейных взаимосвязей, определения экстремальных состояний климата. Основными исходными данными являются ряды среднемесячных температур воздуха и атмосферных осадков с 1931 по 2017 гг., базирующихся на многолетних информационно-аналитических материалах «Кыргызгидромет» (Кыргызский Республики) и «Казгидромет» (Республики Казахстан) по метеорологическим станциям, расположенным на территории водосбора бассейна трансграничной р. Шу.

Для оценки изменения климата водосбора бассейна р. Шу использован катенарный подход, который предполагает геоморфологическую схематизацию ландшафтных катен водосбора речных бассейнов, характеризующих в зоне горного класса ландшафтов (элювиальная фация), предгорного подкласса ландшафтов (трансэлювиальная фация), предгорного равнинного подкласса ландшафтов (трансаккумулятивная фация) и равнинного класса ландшафтов (супераквиальная и субаквиальная фация) (таблица 1).

Таблица 1. Геоморфологическая схематизация ландшафтных катен водосбора бассейна реки Шу.

Природно-климатические зоны			Метеостанция	Абсолютная высота поверхности земли, м	Административные районы
класс ландшафтов	фация	зоны увлаж-ненности			
Горная	Элювиальная	Влажная горная	Тео-Ашуу	3090,0	Кеменский, Чуй-Токмаский (КР)
Предгорная	Трансэлювиальная	Засушливая горная	Байтик	1590,0	Чуй-Токмаский, Иссык-Атинский (КР)
Предгорная равнинная	Трансак-кумуля-тивная	Сухая предгорная	Кордай Бишкек	1145,0 756,0	Чуй-Токмаский, Аламудунский, Сокулукский, Московский, Жайылский, Панфиловский (КР), Кордайский (РК)
Равнинная	Супераквальная	Очень сухая	Толе би Мойынкум	456,0 351,0	Мойынкумский, Сарысуский (РК)
	Субаквальная		Уланбель	266,0	Сарысуский (РК)

Таким образом, на основе геоморфологической схематизации водосбора трансграничной реки Шу, базирующейся на положениях стокообразования речных бассейнов как термодинамической системы, границы которых совпадают с высотной поясностью, можно оценить изменения климата с учетом природно-территориальных различий (выполняющих важные средообразующие или экологические функции).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По характеру рельефа и морфоструктурным особенностям в водосборе бассейна реки Шу можно выделить два класса ландшафтов: горный и равнинный. По особенностям дифференциации рельефа внутри горных и равнинных морфоструктур водосбора бассейна Шу выделены природно-территориальные комплексы:

- горной (элювиальной) зоны формирования геостока;
- предгорной (трансэлювиальной) зоны трансформации геостока;
- предгорной равнинной (трансаккумулятивной) зоны ослабления скорости трансформации и появления признаков аккумуляции геостока;
- равнинной (супераквальной и субаквальной) зоны аккумуляции геостока.

Изменение климата для заданной области, как и для Земного шара в целом, характеризуется разностью между некоторыми климатическими переменными для двух заданных интервалов времени. Это изменение может считаться реальным, если оно превосходит вероятную ошибку расчета соответствующих климатических переменных, и статистически значимым в рамках принятой стохастической модели климата (гипотезы), если оно выходит за пределы доверительного интервала, соответствующего этой гипотезе и заданному уровню значимости.

Для оценки изменения климата, то есть климатического профиля горной (элювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна рек Шу, использованы средние годовые температуры воздуха и атмосферные осадки метеорологической станции Тео-Ашуу, представленных «Кыргызгидромет» (Кыргызской Республики), охватывающих 1953–2017 гг. и расположенных в зонах формирования ледников Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, на высоте 3090 м (рис. 1 и 2).

Как видно из рис. 1, изменение среднемноголетнего значения годовой температуры воздуха за рассматриваемый период (1953–2017 гг.) в горной (элювиальной) зоне водосбора бассейна реки Шу по метеорологической станции Тео-Ашуу составляет 1,80^{o}C за 64 лет.

Изучение динамики изменения среднегодовых атмосферных осадков за многолетний период наблюдений (1953–2017 гг.) в горной (элювиальной) зоне водосбора бассейна реки Шу по метеорологической станции Тео-Ашуу (рис. 2) показывает, что изменение составляет 0,47 мм/год.

Изучение изменения климата предгорной (трансэлювиальной) зоны трансформации геостока водосбора бассейна реки Шу характеризуется среднегодовыми температурами воздуха и атмосферными осадками метеорологических станций Байтик, являющихся стационарной сетью «Казгидромет» Кыргызский Республики, охватывающих 1915–2017 гг. и расположенных в предгорных зонах Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, на высоте 1590 м (рис. 3–4).

Изменение среднемноголетнего значения температуры воздуха за рассматриваемый период (1915–2017 гг.), то есть за 102 года наблюдений составляет 1,03 ^{o}C, а изменение среднемноголетнего значения атмосферных осадков за исследуемый период (1936–2017 гг.) продолжительностью 81 год составляет 26,89 мм/год, то есть наблюдается аридизация климата и неопределенность практически совпадает со среднегодовой температурой воздуха.

Климатические изменения предгорной равнины (трансаккумулятивной) зоны замедления трансформации геостока водосбора бассейна реки Шу, которые проходят Кочкарскую и Ортогайскую впадины и через Боомскую ущелье входят в Шуйскую впадину, характеризуются среднегодовыми температурами воздуха и атмосферными осадками метеорологической станции Бишкек, расположенной на высоте 756 м (рис. 5–6).

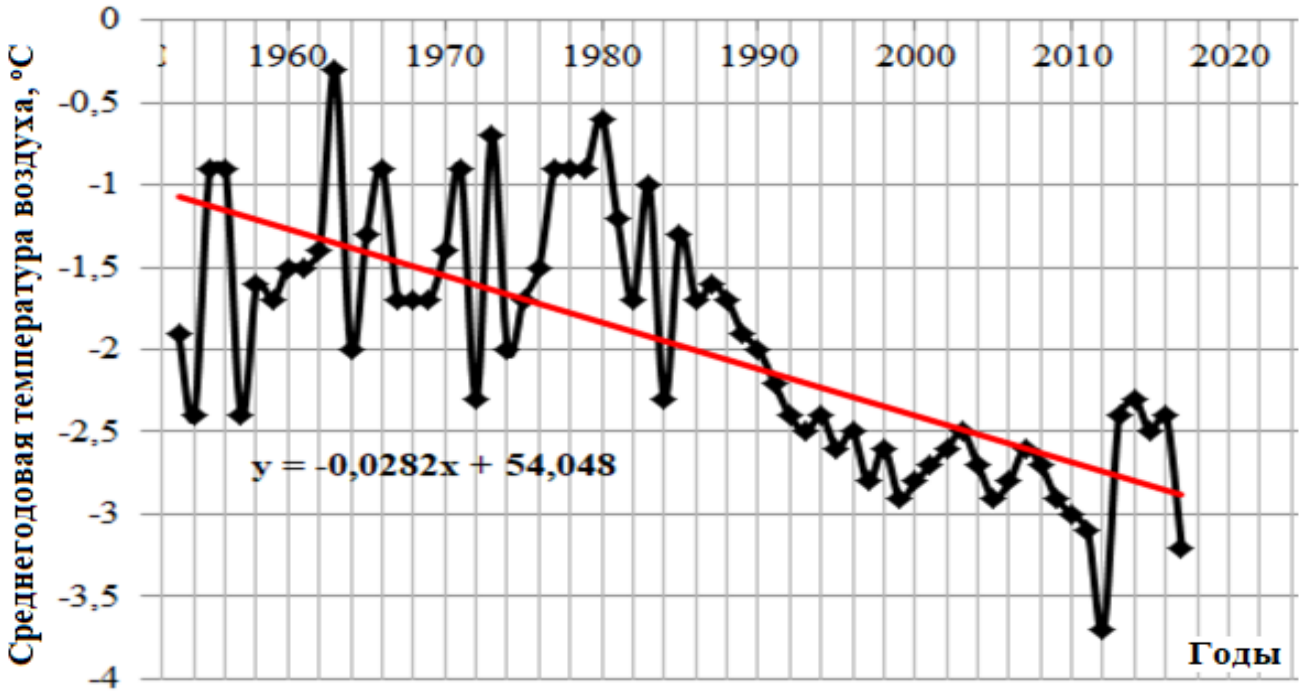


Рис. 1. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха горной (элювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна рек Шу.

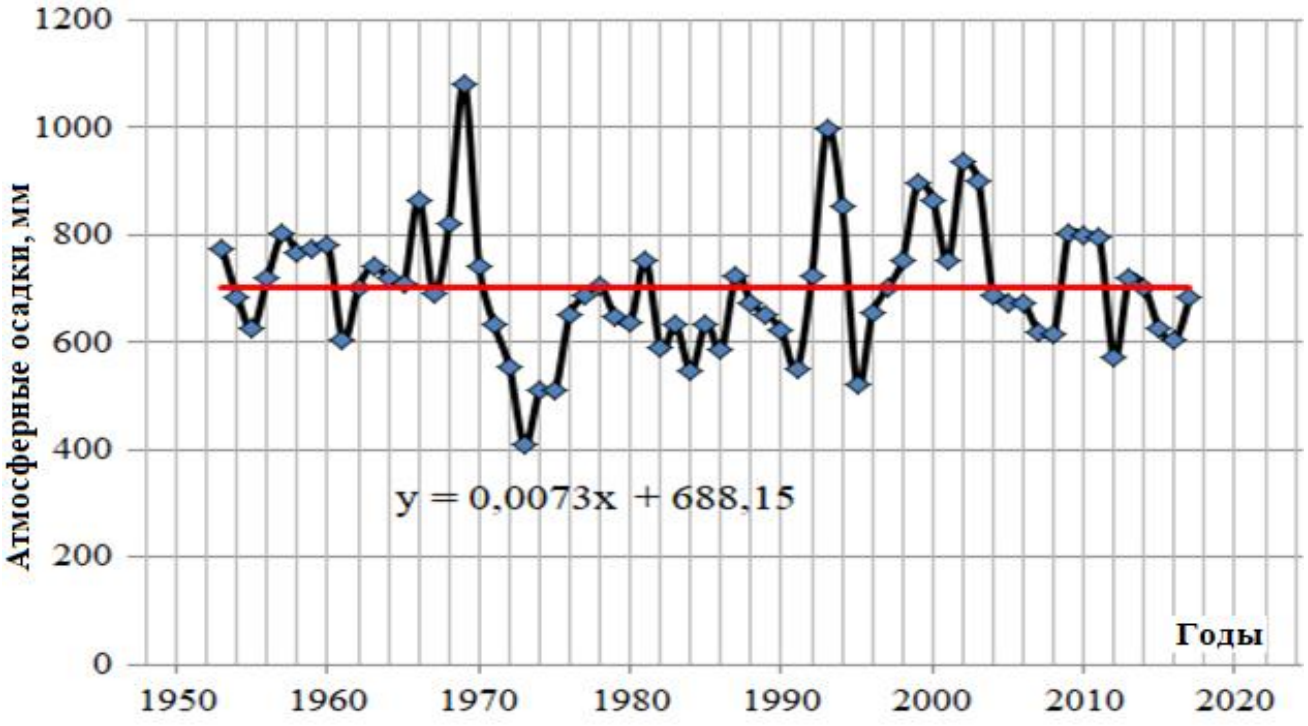


Рис. 2. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков горной (элювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу.

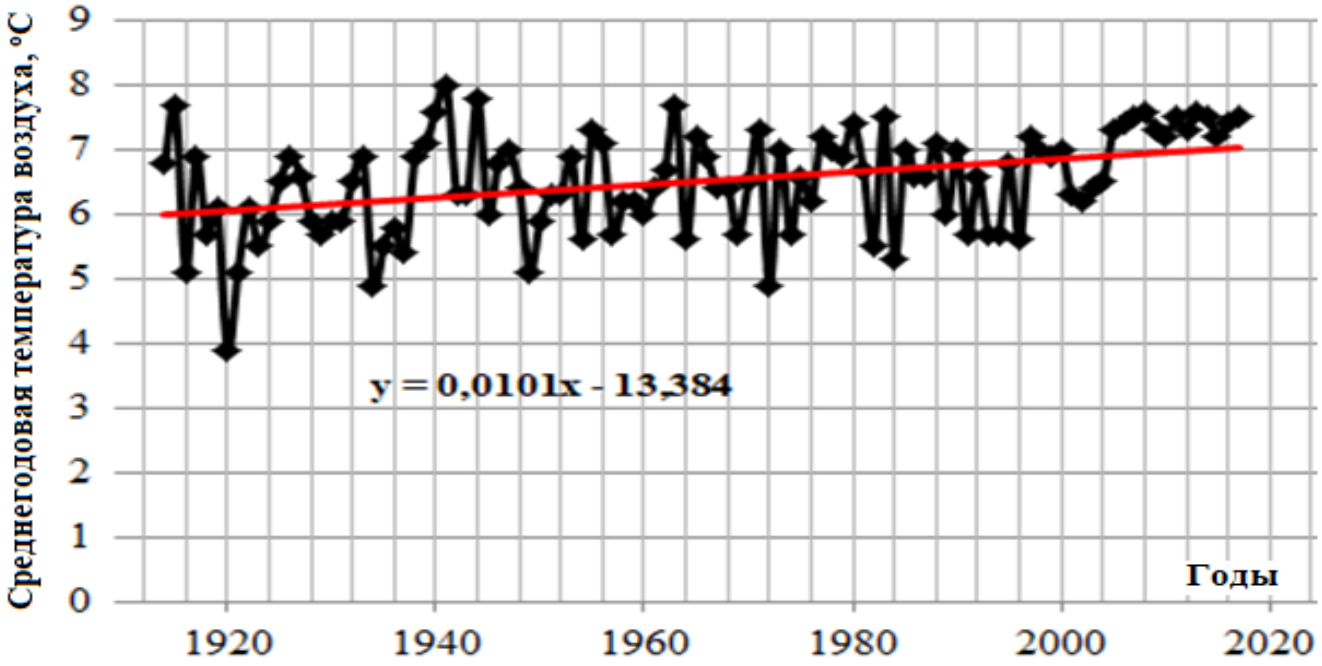


Рис. 3. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха предгорной (трансэлювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу.

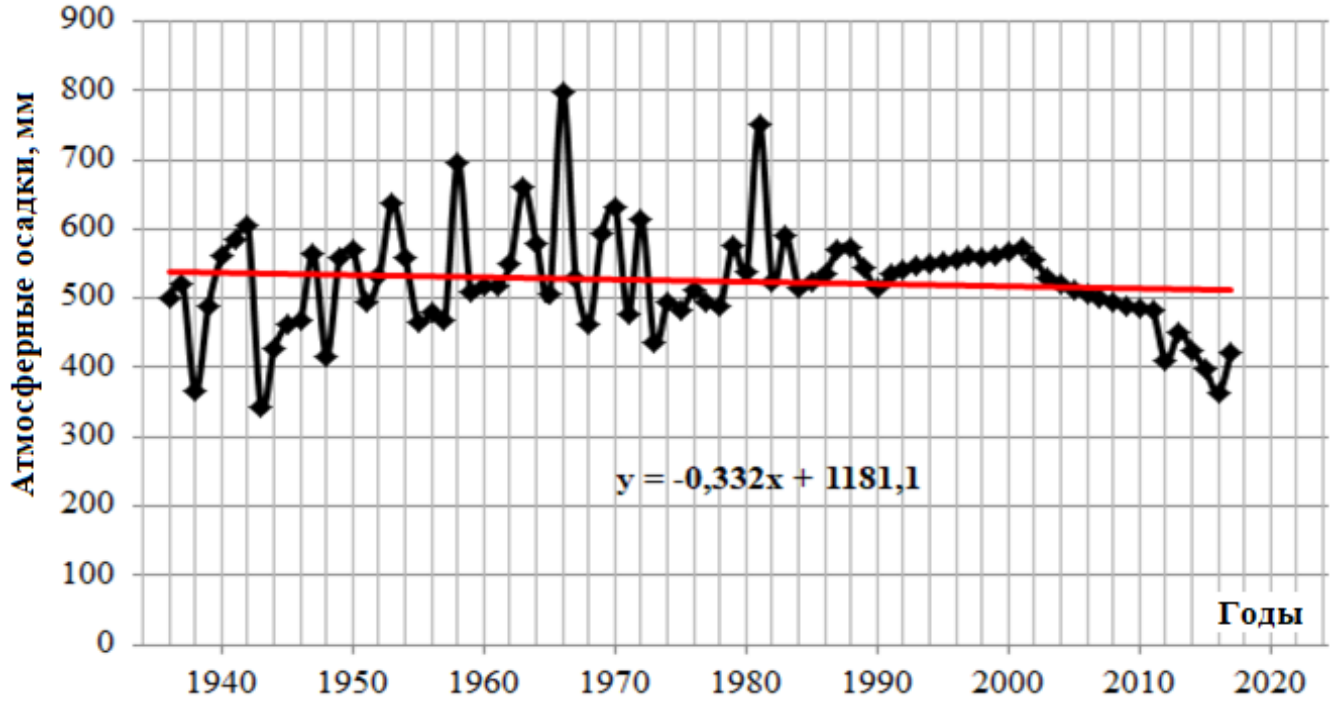


Рис. 4. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков предгорной (трансэлювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу.

Динамика изменения среднегодовой температуры воздуха за многолетний период наблюдений (1927–2017 гг.), то есть за 90 лет в предгорной равнине (трансаккумулятивной) зоны замедления трансформации геостока водосбора бассейна реки Шу, по данным метеорологической станции Бишкек, составляет 2,3 °С, а среднегодовых атмосферных осадков – 107,4 мм/год. При этом следует отметить, что скорость повышения среднегодовых

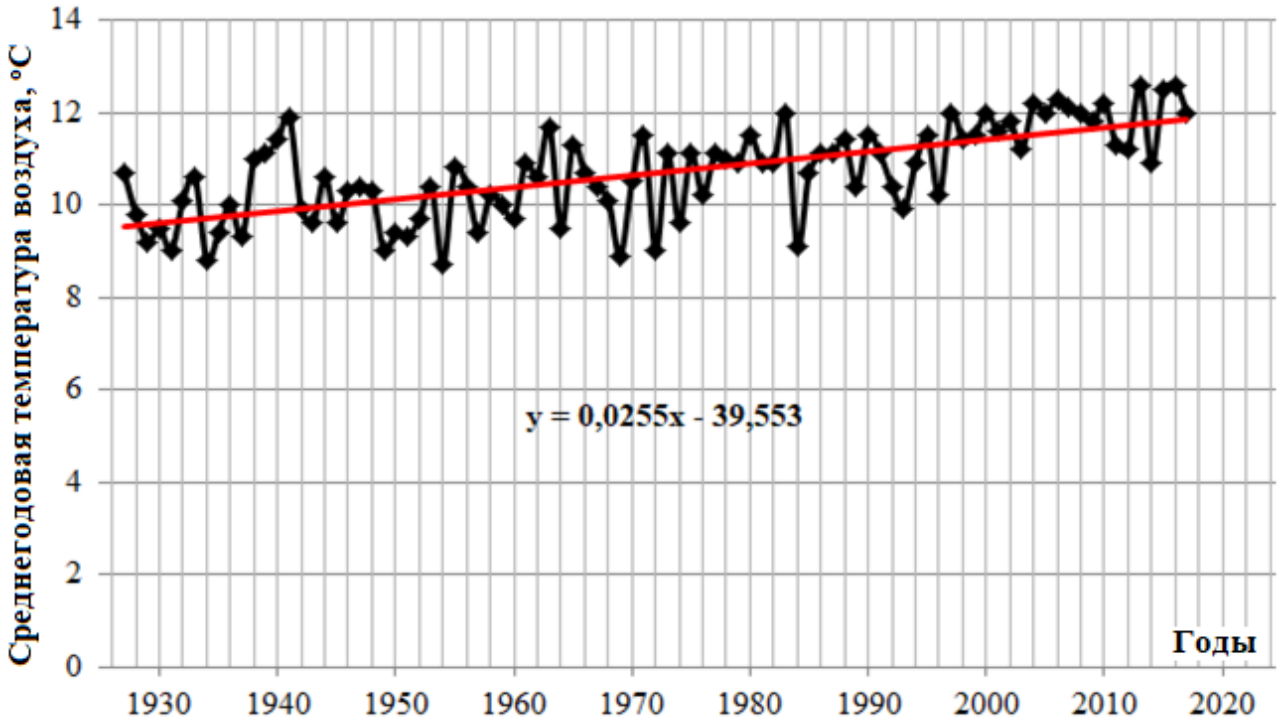


Рис. 5. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха предгорной равнины (трансаккумулятивной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу.

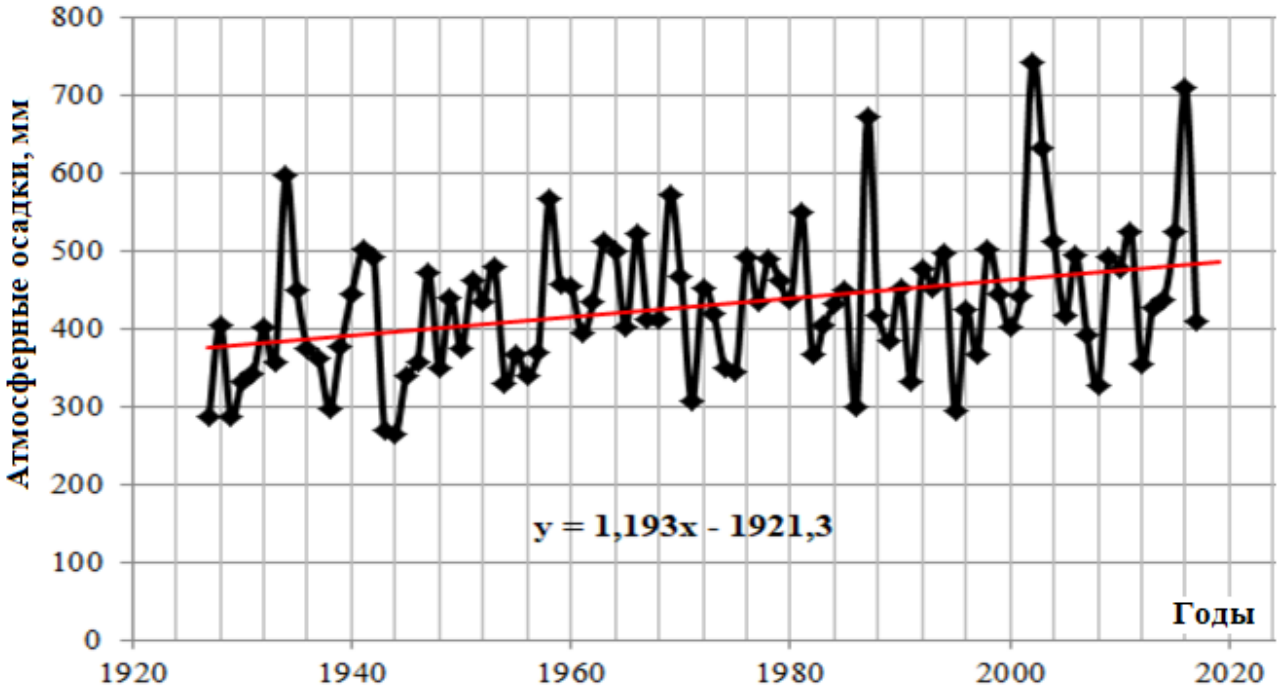


Рис. 6. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков предгорной равнины (трансаккумулятивной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу.

температур воздуха и атмосферных осадков в сравнении с предгорной (трансэлювиальной) зоной, достаточно высокая.

Климатические изменения равнинной (супераквальной) зоны пониженной трансформации геостока водосбора бассейна реки Шу охватывает Шуйскую впадину и входит в пески Мойынкума, который характеризуется среднегодовыми температурами воздуха и атмосферными осадками метеорологической станции Толе би, расположенной на высоте 456 м Шуйской долины (рис. 7–8).

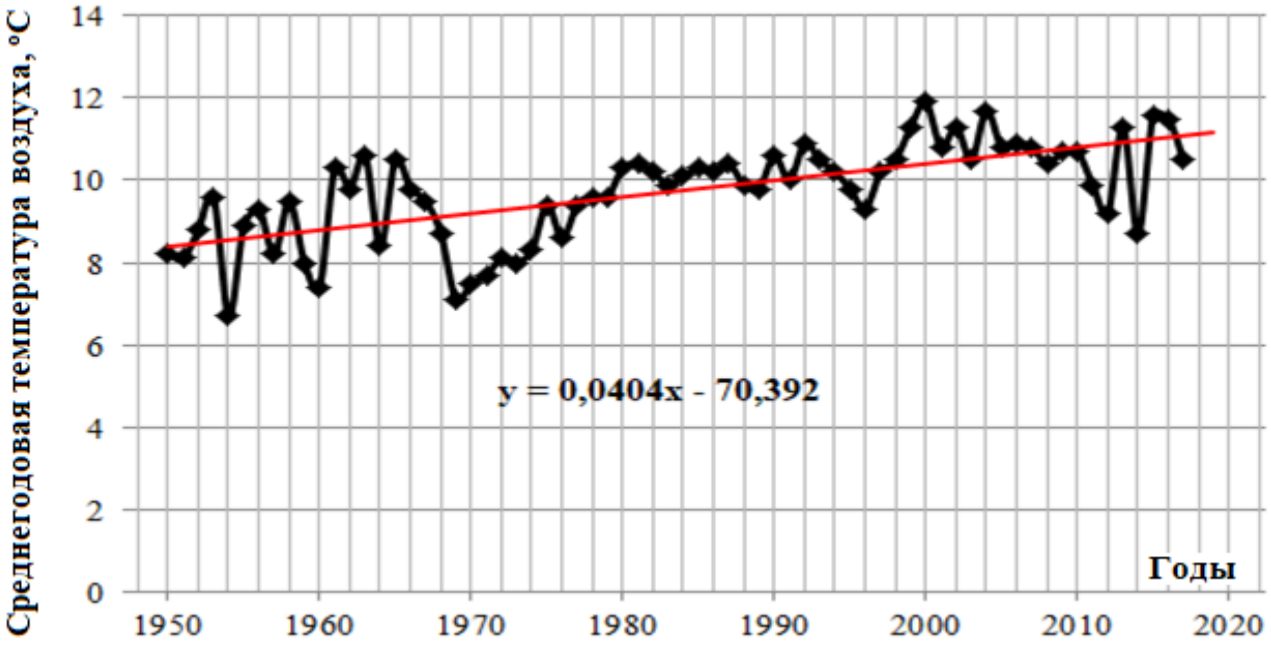


Рис. 7. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха равнинной (супераквальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу.

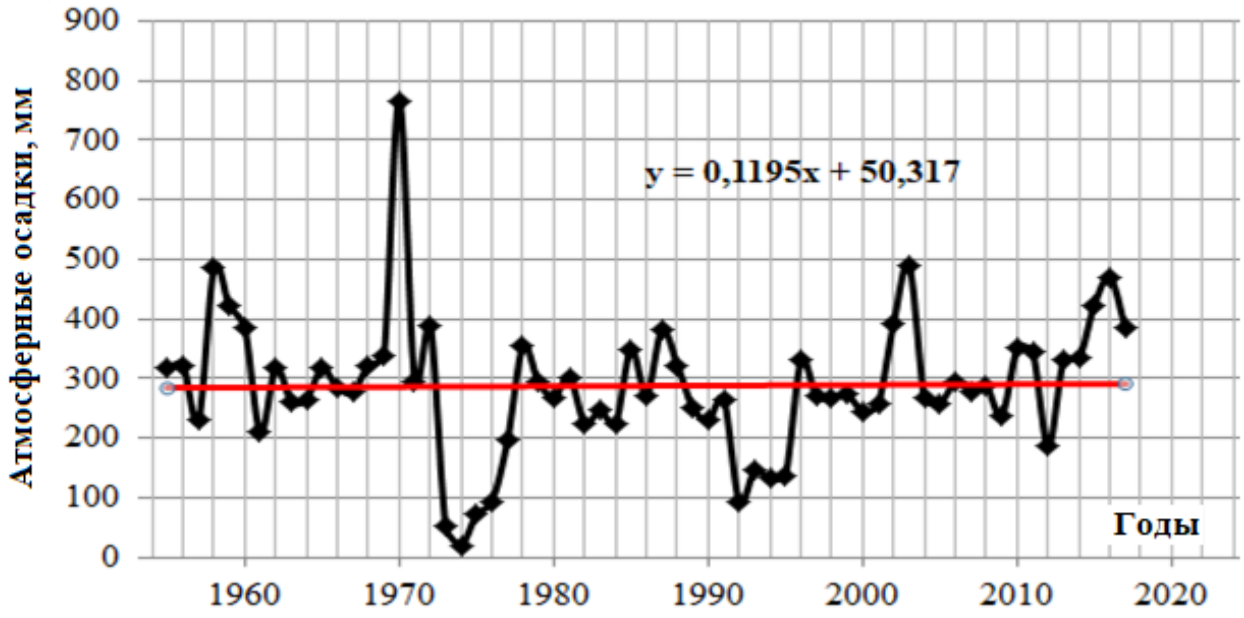


Рис. 8. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков равнинной (супераквальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна рек Шу.

Тенденция изменения годовых атмосферных осадков равнинной (супераквальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна рек Шу за период с 1955 по 2017 гг. составляет 7,409 мм/год и динамика изменения среднегодовой температуры воздуха за период 1950–2017 гг. составляет 2,7 ºС.

Как видно из представленных рис. 1–8, тенденции роста среднегодовой температуры воздуха, кроме горной (элювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу, на равнинной (субаквальной) зоны несколько выше, чем предгорной (трансэлювиальная), предгорной равнины (трансаккумулятивная) и равнинной (супераквальный) зон.

На основе представленных информационно-аналитических материалов можно сделать вывод, что годовые атмосферные осадки изменялись значительно, но за последние 20 лет произошли довольно резкие изменения для отдельных природных зон водосбора бассейна реки Шу как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Причем общая тенденция в последние годы направлена именно в сторону уменьшения годовых атмосферных осадков от горной (элювиальной) зоны до равнинной (супераквальной) зоны, что требует необходимости в перспективе учитывать их при планировании хозяйственной деятельности.

Современная тенденция изменения климата водосбора бассейна реки Шу оказывает влияние на все природные процессы и их средообразующие функции, в том числе и на водные ресурсы и формирования почвенного и растительного покровов, что требует к себе очень пристального внимания, так как оно уже в ближайшем будущем может поставить перед человечеством ряд проблем, требующих незамедлительного разрешения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д.* Комплексное обустройство реки Шу (монография). Saarbrucken. Deutschland. 2016. 140 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 13: Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 18: КазССР. Кн. 2. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 656 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 13: Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 32: Киргизская ССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 589 с.
4. *Ильясов Ш., Забенко О., Гайдамак Н., Кириленко А., Мырсалиев Н., Шевченко В., Пенкина Л.* Климатический профиль Кыргызской Республики. Бишкек, 2013. 99 с.
5. Развитие сотрудничества по адаптации к изменению климата в трансграничных бассейнах рек Чу и Талас Казахстан и Кыргызстан (Краткое изложение). ZoïEnvironmentNetwork, 2014. 40 с.
6. *Хохлов В.Н.* Количественное описание изменения климата Европы во второй половине XX века // Український гідрометеорологічний журнал, 2007. № 2. С. 35–42.
7. *Квачантирадзе Э.П., Терехова С.И.* Изменение климата как сигнал обеспечения безопасности сельскохозяйственной деятельности // Международный технико-экономический журнал. 2018. № 6. С. 133–142.

УДК 502.656

ЭКОЛОГО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Калмашова А.Н.
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
z-mustafa@rambler.ru

Ключевые слова: анализ, оценка, система, систематизация, вода, вещество, экология, состояние, антропогенная, природа, методика, трансформация.

На основе системного анализа многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» по загрязнению воды в бассейне реки Есиль и с использованием индекса Шеннона и коэффициента предельной загрязненности В.В. Шабанова произведена оценка качества воды по гидрохимическим показателям в пространственно-временном масштабе в условиях антропогенной деятельности.

ENVIRONMENTAL AND WATER ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ESIL RIVER BASIN CATCHMENT OF THE RIVER UNDER CONDITIONS OF ANTROPOGENOUS ACTIVITIES

MustafayevZh. S., Kozykeyeva A. T., *Kalmashova A. N.*
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Key words: analysis, assessment, system, systematization, water, substances, ecology, condition, anthropogenic, nature, technique, transformation.

On the basis of the system analysis of the multi-year information and analytical materials of the RSE «Kazhydromet» on water pollution in the Esil River basin and using the Shannon index and the V.V. Shabanov maximal contamination coefficient the authors have made an assessment of water quality by hydro/ chemical indicators on the spatio-temporal scale in the conditions of anthropogenic activities.

Введение. Рациональное использование и охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения в водосборе бассейна реки Есиль были и остаются одной из важнейших гидроэкологических проблем в системе природопользования и обустройства речных бассейнов. В настоящее время в водосборе бассейна реки Есиль сложилась сложная водно-экологическая обстановка, что объясняется, прежде всего, его трансграничным положением, а также приуроченностью верхней и средней частей бассейна к засушливым внутриконтинентальным районам Северного Казахстана, где река почти не принимает притоков. Усугубляет ситуацию то, что именно на этих участках в пределах Казахстана и Российской Федерации река Есиль является основной водной артерией и источником водообеспечения населения и различных отраслей хозяйства, к его долине тяготеют основные ареалы заселенности, а также промышленной и сельскохозяйственной освоенности. Нерациональная хозяйственная деятельность на водосборе, включая использование водных ресурсов, также оказывает большое влияние на экологическое состояние водосбора бассейна реки Есиль.

Цель исследования – на основе многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» по загрязнению водных ресурсов реки Есиль определить особенности формирования их гидрохимического режима в условиях антропогенной деятельности.

Объект исследования. Река Есиль берет начало в невысоком горном массиве Нияз Казахского мелкосопочника и на протяжении 775 км течет с востока на запад, принимая ряд крупных притоков, стекающих с Кокшетауской возвышенности с отрогов гор Улытау. В

верховьях течет преимущественно на северо-запад и запад, в основном в узкой долине, в скалистых берегах.

Площадь водосборного бассейна реки Есиль составляет 177 000 км², из них на территорию России приходится около 20 % площади, в пределах которых формируется около 30 % стока.

Материалы и методы исследования. При решении поставленных в работе задач использовались многолетние информационно-аналитические материалы «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК [1] по гидрохимическим показателям, включающим биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$), азот аммонийный (NH_4), азот нитритный (NO_2), азот нитратный (NO_3), хлориды (Cl), сульфаты (SO_4), медь (Cu), цинк (Zn), натрий (Na) и нефтепродукты (табл. 1). Методы исследования основаны на систематизации, системном анализе и обобщении результатов мониторинга [1].

Табл. 1. Концентрации загрязняющих веществ в водосборе бассейна реки Есиль в пространственно-временном масштабе

Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год			
	1990	2000	2005	2012
1	2	3	4	5
Река Есиль – город Нур-Султан (Астана)				
Расход воды (Q), м^3/с	6,23	3,51	3,06	1,54
Взвешенные вещества, мг/л	–	3,19	16,79	17,25
Магний (Mg), мг/л	16,42	19,14	26,36	41,27
Хлориды (Cl),мг/л	74,84	109,24	132,54	208,63
Сульфаты (SO_4), мг/л	86,18	105,51	133,05	252,78
Кальций (Ca), мг/л	56,93	56,60	65,68	82,76
Летучие фенолы, мг/л	0,0011	0,0004	0,0014	0,0002
Нефтепродукты, мг/л	0,10	0,07	0,09	0,03
СПАВ, мг/л	0,03	0,03	0,03	0,03
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,04	0,02	0,06	0,12
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,01	0,02	0,01	0,01
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,96	0,38	0,40	0,47
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,02	0,03	0,03	0,01
Железо общее (Fe), мг/л	–	0,08	0,25	0,25
Медь (Cu), мкг/л	0,44	0,77	1,22	2,01
Цинк (Zn), мкг/л	0,33	1,07	4,38	5,76
Хром общий (Cr), мкг/л	0,00	2,59	1,35	1,41
Фториды (F), мкг/л	0,33	0,38	0,49	0,43
Река Есиль – город Петропавловск				
Расход воды (Q), м^3/с	70,64	44,74	56,07	24,07
Взвешенные вещества, мг/л	–	16,24	19,16	8,82
Магний (Mg), мг/л	19,24	24,62	25,66	29,79
Хлориды (Cl),мг/л	114,41	135,88	137,50	172,50
Сульфаты (SO_4), мг/л	134,59	115,64	87,24	111,93
Кальций (Ca), мг/л	67,83	67,41	64,28	69,96

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Летучие фенолы, мг/л	0,0002	0,0000	0,0000	0,0003
Нефтепродукты, мг/л	0,21	0,23	0,05	0,03
СПАВ, мг/л	0,02	0,02	0,03	0,01
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,11	0,10	0,10	0,10
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,01	0,01	0,01	0,00
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,30	0,16	0,10	0,07
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,05	0,03	0,01	0,01
Железо общее (Fe), мг/л		0,09	0,15	0,09
Медь (Cu), мкг/л	1,09	2,30	0,67	0,82
Цинк (Zn), мкг/л	2,50	3,01	17,49	5,17
Хром общий (Cr), мкг/л	0,00	0,43	0,00	9,00
Фториды (F), мкг/л	0,37	0,29	0,29	0,29

В теоретическом и методологическом отношении основывается на современных представлениях в географической науке о системоформирующей роли речного стока, структуре и функциях водосборов, определяющих условия жизни людей и функционирование экологических систем.

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко используются методы, основанные на использовании комплексных показателей, то есть определении пределов допустимых изменений (ПДИ) [2], порога критического действия (ПДВВ) [2], предельно допустимых концентраций (ПДК) [2], гидрохимического индекса загрязнения (ГЗВ) [2], а также методологического обеспечения Н.Г. Булгакова [3], М.Ж. Бурлибаева [1] и В.В. Шабанова [4].

При этом для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Есиль применяется методика В.В. Шабанова, с помощью коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [4]:

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где i – номер загрязняющего воду вещества; N - количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i – фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение, оценивающийся в соответствии с классификацией В.В.Шабанова [4].

Результаты исследования. На основе методологического подхода В.В. Шабанова базирующегося на коэффициенте предельной загрязненности ($K_{пз}$) [10, 11], используя многолетние информационно-аналитические материалы РГП «Казгидромет» по загрязнению воды в бассейне реки Есиль и интегральных критериев предельно допустимой концентрации (ПДК) для рыбохозяйственного водопользования [1], выполнена оценка качества воды по гидрохимическим показателям (табл. 2).

При этом следует отметить, что коэффициент предельной загрязненности ($K_{пз}$) в водосборе бассейна реки Есиль во временном масштабе от гидрологического поста села Тургеневка до села Доламатово увеличивается, и по степени загрязненности в основном относится к загрязненным, где загрязненность воды представлена трофическим статусом Е.С. Шеннона [5].

Табл. 2. Оценка качества воды в бассейне реки Есиль по гидрохимическим показателям в пространственно-временном масштабе

Показатель		Средние концентрации загрязняющих веществ за период (годы)			
	$ПДК_{рх}$	1990	2000	2005	2012
Река Есиль – город Астана					
Магний (Mg), мг/л	40,0	-0,589	-0,522	-0,341	0,032
Хлориды (Cl),мг/л	300,0	-0,750	-0,536	-0,558	-0,304
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	-0,138	0,055	0,330	1,578
Кальций (Ca), мг/л	180,0	-0,583	-0,586	-0,535	-0,540
Летучие фенолы, мг/л	0,001	0,100	-0,600	0,400	-0,800
Нефтепродукты, мг/л	0,05	1,000	0,400	0,800	-0,400
СПАВ, мг/л	0,1	-0,700	-0,700	-0,700	-0,700
Азот аммоний (NH_4), мг/л	0,39	-0,897	-0,949	-0,846	-0,692
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,02	-0,500	0,000	-0,500	-0,500
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,00	-0,993	-0,926	-0,956	-0,948
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,25	-0,920	-0,880	-0,880	-0,960
Железо общее (Fe), мг/л	0,03	–	1,567	7,333	7,333
Медь (Cu), мкг/л	1,0	-0,560	-0,230	0,220	1,010
Цинк (Zn), мкг/л	10,0	-0,967	-0,893	-0,562	-0,424
Хром общий (Cr), мкг/л	20,0	0,00	-0,871	-0,933	-0,930
Фториды (F), мкг/л	0,75	-0,560	-0,493	-0,347	-0,427
$K_{пз}$		-0,470	-0,385	0,120	0,146
Река Есиль – город Петропавловск					
Магний (Mg), мг/л	40,0	-0,519	-0,385	-0,359	-0,255
Хлориды (Cl),мг/л	300,0	-0,618	-0,547	-0,542	-0,425
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	0,346	0,156	-0,128	0,119
Кальций (Ca), мг/л	180,0	-0,523	-0,626	-0,543	-0,511
Летучие фенолы, мг/л	0,001	-0,800	-1,000	-1,000	-0,700
Нефтепродукты, мг/л	0,05	3,200	3,600	0,000	-0,400
СПАВ, мг/л	0,1	-0,800	-0,800	-0,700	-0,900
Азот аммоний (NH_4), мг/л	0,39	-0,718	-0,743	-0,743	-0,743
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,02	-0,500	-0,500	-0,500	-1,000
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,00	-0,937	-0,982	-0,988	-0,992
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,25	-0,800	-0,880	-0,960	-0,960
Железо общее (Fe), мг/л	0,03	–	2,000	4,000	2,000
Медь (Cu), мкг/л	1,0	0,090	1,300	-0,290	-0,180
Цинк (Zn), мкг/л	10,0	0,750	-0,699	0,749	-0,483
Хром общий (Cr), мкг/л	20,0	-1,000	-0,979	-1,000	-0,550
Фториды (F), мкг/л	0,75	-0,507	-0,513	-0,513	-0,513
$K_{пз}$		-0,222	-0,100	-0,220	-0,406

Для оценки экологического состояния водной экосистемы в водосборе бассейна реки Есиль использована зависимость индекса Шеннона (H) от коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) В.В. Шабанова, которая имеет следующий вид: $H = 3{,}06 \cdot exp[-0.23(K_{пз} + 2)]$.

Таким образом, на основе систематизации и системного анализа, а также прогнозных расчетов по определению коэффициента предельной загрязненности и индекса Шеннона возможно производить оценку качества воды и экологического состояния водной экосистемы в водосборе бассейна реки Есиль в пространственно-временном масштабе, то есть качество воды во всех рассматриваемых гидрологических постах оценивается на уровне «умеренно-загрязненная (мезоэвтрофные)» и «загрязненная (эвтрофные)».

Система оценки качества воды и экологического состояния водной экосистемы в водосборе бассейна реки Есиль с использованием коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) и индекса Шеннона (H) позволяет определить степень, интенсивность, направленность и характер загрязнения водных объектов в пространственно-временных масштабах, которые дают возможность разработать систему мероприятий по рациональному природопользованию и предотвращению возможных чрезвычайных ситуаций на основе количественных характеристик процессов естественного самоочищения природных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокальский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Симернова Д.А., Ефимонко А.В., Милюков Д.Ю.* Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. Алматы: Канагат, 2014. Т. 1. 742 с.
2. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. М.: Минздрав СССР. 1988. 74 с.
3. *Булгаков Н.Г.* Экологически допустимые уровни абиотических факторов в водоемах России и сопредельных стран. Зависимость от географических и климатических особенностей // Водные ресурсы. 2004. № 2. Т. 31. С. 193-198.
4. *Шабанов В.В., Маркин В.Н.* Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. М: МГУП, 2009. 154 с.
5. *Shannon C.E., Warren Weaver.* The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. 1949. 117 p.

УДК 556.1:504.4

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ В ВОДОСБОРАХ БАССЕЙНА МАЛЫХ РЕК

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жанымхан Курманбек
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
z-mustafa@rambler.ru

Ключевые слова: водосбор речного бассейна, экология, вода, вещество, загрязнение, норма, продуктивность, уравнение гидрохимического баланса, нагрузка, модель.

На основе уравнения гидрохимического баланса вод речных бассейнов и однофакторной зависимости, характеризующей относительную продуктивность водной полупогружной растительности от речного стока и содержания загрязающих веществ, разработана математическая модель для определения экологически предельно-допустимой нагрузки в водосборах бассейна реки, включающая прогнозирование концентрации загрязняющих веществ воды в реке, уровня безвозвратного водопотребления и экологического стока для определения природно-техногенной нагрузки в бассейне малых рек. При этом максимальное значение куполообразных кривых произведения функции ($S(w,c)$), учитывающее совместное влияние объема воды в реке ($S(w)$) и загрязненности речной воды определенным веществам ($S(c)$) находится в пределах 0,40, что характеризует нижний предел максимально-возможного значения экологического стока, обеспечивающего экологическую устойчивость природной системы в водосборах речного бассейна.

TECHNIQUE FOR DETERMINATION OF ENVIRONMENTALLY MAXIMAL PERMISSIBLE LOAD IN SMALL RIVER BASIN CATCHMENT

MustafayevZ.S.,Kozykeyeva A.T., Zhanymkhan Kurmanbek
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan
z-mustafa@rambler.ru

Key words: river basin catchment, ecology, water, substance, pollution, norm, productivity, hydro/chemical balance equation, load, model.

The authors have developed a mathematical model based to determine the environmentally acceptable maximum load in the catchments of the river basin, including predicting the concentration of water pollutants in the river, the level of non-returnable water consumption and environmental flow, which are used to determine the natural/technogenic load in the basin of small rivers based on the equation of hydro/chemical water balance of river basins and one-factor dependence characterizing the relative productivity of semi-submersible water vegetation from river flow and the content of pollutants,. At the same time, the maximum value of the dome-shaped curves of the product of function ($S(w,c)$), taking into account the combined effect of the volume of water in the river ($S(w)$) and contamination of river water to certain substances ($S(c)$) is within 0.40; this fact characterizes the lower limit of the maximum possible value of environmental flow, ensuring environmental sustainability of a natural system in the watersheds of the river basin.

ВВЕДЕНИЕ

Прогрессирующее загрязнение бассейнов малых рек в результате антропогенной деятельности городских и промышленных объектов – одна из научно-практических проблем современной экологической науки. Актуальность проблемы связана с тем, что русла этих рек принимают основную техногенную нагрузку от сельскохозяйственных и промышленных предприятий – природопользователей, находящихся на достаточно большом удалении друг от друга и относящихся к различным административно-территориальным единицам на

территориях водосборов речных бассейнов. Водотоки при этом выполняют транспортную функцию и переносят токсичные загрязняющие вещества с одних территорий, расположенных в верховьях рек, на которых они были образованы и поступили в водоток, на другие – соседние, расположенные в низовьях, которые вынуждены принимать на себя этот токсичный и загрязненный поток для магазинирования. Таким образом, перенос загрязняющих веществ носит техногенный характер и вызывает целый ряд проблем не только экологических, но и нормативно-правовых, экономических, которые требуют необходимости разработать методологическое обеспечение для определения экологически предельно-допустимой нагрузки в водосборах речных бассейнов.

Цель исследования – оценить допустимый уровень воздействия в водосборах бассейна малых рек и на основе их разработать математическую модель, позволяющую определить экологический сток, допустимые пределы безвозвратного водопотребления и загрязнения, обеспечивающие устойчивость водной экосистемы.

Материалы и методы исследования. На основе уравнения гидрохимического баланса веществ в водосборах речных бассейнов и относительной продуктивности растительности от речного стока и содержания загрязающих веществ, как системы функции, позволяющей описать поведение водной системы, находящейся в состоянии устойчивого равновесия, с учетом влияния природных и антропогенных факторов получена математическая модель, характеризующая уравнение баланса веществ, относительно концентрации (C_p) [1]:

$$C_p = \frac{g_б \cdot C_б \cdot}{(A \cdot g_б + g_{bon})} + \frac{g_{bon} \cdot (K_b \cdot C_б + K_{пз} \cdot C_б)}{(A \cdot g_б + g_{bon})} - \frac{b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{(A \cdot g_б + g_{bon})},$$

где A – безразмерный показатель, характеризующий отношение естественного стока реки (норма стока) (W_p) к объему речного стока ($W_б$); $g_б$ – модуль стока воды с водосборной площади, л/с*км^2; g_{bon} – модуль водопотребности в водосборах бассейна реки; $C_б$ – удельный вынос вещества с единицы водосборной площади; $b_{\max}$ – удельный максимальный объем веществ, поглощаемый водной растительностью из единицы объема воды, кг/м^3; K_b – коэффициент возвратных вод; $K_{пз}$ – коэффициент подземных вод; $S(w)$ – показатель, учитывающий влияние объема воды в реке на продуктивность растительности; $S(c)$ – показатель, учитывающий влияние загрязненности в речной воды рассматриваемым веществом.

Функции $S(w)$ и $S(c)$, характеризующие относительную продуктивность водной растительности от речного стока (W_i) и содержания загрязняющих веществ (C_i), представляют собой однофакторные зависимости, имеющие вид куполообразных кривых, достаточно хорошо описывающихся по формуле В.В. Шабанова [2]:

$$S(\varphi) = \left(\frac{\varphi_i}{\varphi_{opt}} \right)^{\gamma \cdot \varphi_{opt}} \cdot \left[\frac{(1-\varphi_i)}{(1-\varphi_{opt})} \right]^{\gamma \cdot (1-\varphi_{opt})},$$

где $S(\varphi)$ – относительная продуктивность водной полупогружной растительности; φ_i – фактическое значение рассматриваемого фактора среды; φ_{opt} – оптимальное значение рассматриваемого фактора среды; γ – параметр саморегуляции водной полупогружной растительности.

Математическая модель, характеризующая уравнение баланса веществ, относительно концентрации (C_p) позволяет определить экологические допустимые пределы воздействия на основе принципа Ле-Шателье-Брауна, который констатирует, что «внешнее воздействие выводящее систему из равновесия, стимулирует в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия» [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе разработанной математической модели для оценки экологического допустимого предела природно-техногенного воздействия на природную среду малых рек использована матрица планирования эксперимента для определения предельно-допустимого уровня использования водных ресурсов малой реки Каратал с учетом не только объема или расхода сброса загрязненных сточных вод городов и промышленных объектов, а также поступающих коллекторно-дренажных вод с территории орошаемых массивов.

При этом функцию зависимости относительной продуктивности водной полупогружной растительности от речного стока ($S(w)$) и содержания загрязняющих веществ ($S(c)$) представим в виде произведения функции ($S(w,c)$): $S(w,c) = S(w) \cdot S(c)$.

Оценка относительной продуктивности водной полупогружной растительности в водосборе речного бассейна Каратал произведена при следующих значениях: γ = 5,0 – параметр саморегуляции водной полупогружной растительности [4]; φ_{opt}^{w} = 0,70 – относительно оптимальное значение допустимого предела безвозвратного водозабора; φ_{opt}^{c} = 0,30 – относительно оптимальное значение содержания загрязающих веществ в водах речного бассейна; φ_i = 0 – 1 – диапазон изменения расматриваемых факторов среды (рис. 1).

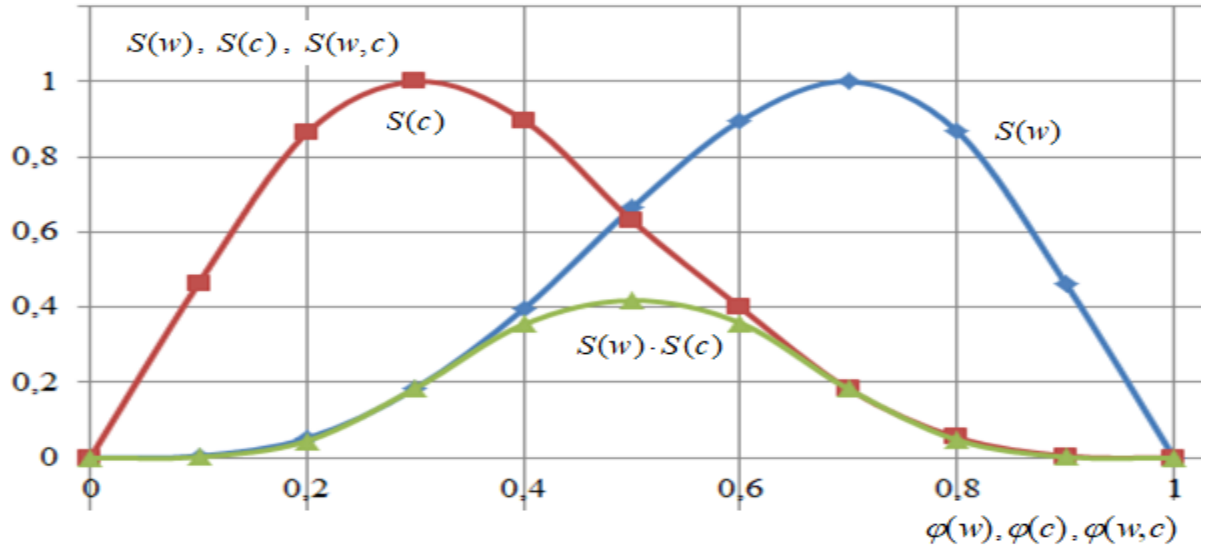


Рис. 1. Относительная продуктивность водной полупогружной растительности ($S(\varphi)$) бассейна реки Каратал в зависимости от диапазона изменения расматриваемых факторов среды (φ_i).

Как видно из рис. 1, относительная продуктивность водной полупогружной растительности ($S(\varphi)$) в зависимости от диапазона изменения расматриваемых факторов среды (φ_i), имеющий вид куполообразных кривых показывает, что ее максимальное значение располагается в зоне оптимального значения рассматриваемых факторов среды (φ_{opt}).

При этом, максимальное значение куполообразных кривых произведения функции ($S(w,c)$), учитывающее совместное влияние объема воды в реке ($S(w)$) и загрязненности речной воды определенным веществом ($S(c)$) находится в пределах 0,40, что характеризует нижний предел максимально-возможного значения экологического стока, обеспечивающего экологическую устойчивость природной системы в водосборах речного бассейна.

На основе использования уравнения гидрохимического баланса вещества речного стока, при известных значениях концентрации речных вод (C_{pm}), которая формируется под влиянием природно-техногенной деятельности, и с учетом самоочищения способности водной полупогружной растительности (C_{pb}), уравнение баланса веществ, относительно концентрации (C_p), имеет следующий вид:

$$C_p = C_{pm} - \frac{b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{(A \cdot g_{\delta} + g_{bon})} = C_{pm} - C_b \cdot S(w) \cdot S(c),$$

где C_{pb} – показатель самоочищающей способности водной полупогружной растительности, то есть $C_b = b_{\max} /(A \cdot g_{\delta} + g_{bon})$.

Анализ математических моделей, характеризующих уравнение баланса веществ, относительно концентрации (C_p) показывает, что производная функции, описывающей изменение стационарного состояния системы по рассматриваемым факторам, то есть W_i и C_i, должна быть возрастающей: $dC_p / dw > 0$, $dC_p / dc > 0$ [3].

При этом следует отметить научные значимости и практические ценности разработанных математических моделей, характеризующих уравнение баланса веществ, относительно концентрации (C_p):

- во-первых, функция достаточно хорошо отвечает условию нормального развития водной полупогружной растительности, тогда, согласно закону Ю. Либиха [5], требуется стечение ряда обстоятельств, чтобы она потеряла биологическую устойчивость, достаточно критической ситуации по одному из расматриваемых факторов;
- во-вторых,однофакторные зависимости $S(w)$ и $S(c)$ определяются концентрацией C_{δ}, а не C_p, так как последняя – результат действия самоочищения способности водной полупогружной растительности (C_{pb});
- в третьих, для определения предельно-допустимого воздействия природно-техногенной системы производная функции C_p берется только по переменным параметрам состояния реки (W_i, C_i);
- в четвертых, предельно-допустимая концентрация речных вод определяется при фиксированном значении речного стока воды и, наоборот, минимально-допустимый сток воды – при фиксированном уровне загрязненности реки.

На основе этих принципальных позиций можно определить предельно- допустимый уровень использования объема или расхода воды в речных бассейнах, то есть можно определить предельно-допустимый уровень техногенной нагрузки на экологическую систему по следующим формулам:

$$W_n = W_p \cdot S(w) \cdot S(c), Q_n = Q_p \cdot S(w) \cdot S(c),$$

где W_n, Q_n – предельно-допустимый уровень использования объема или расхода стоков воды в речных бассейнах, км^3 или м^3/с; W_p, Q_p – объем или расход воды, формирующиеся в речных бассейнах , км^3 или м^3/с.

Следовательно, на основе уравнения, характеризующего техногенную нагрузку на экологическую систему, можно определить предельно-допустимый уровень использования объема или расхода воды в речных бассейнах, то есть объем ($W_э$) и расход ($Q_э$) экологического стока, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы речных бассейнов: $W_э = W_p \cdot [1 - S(w) \cdot S(c)]$, $Q_э = Q_p \cdot [1 - S(w) \cdot S(c)]$.

Таким образом, разработанные математические модели для определения экологического стока и предельно-допустимого уровня использования водных ресурсов речных бассейнов и средних годовых расходов воды в различных обеспеченностях реки Каратал в период 1932–2009 гг. позволяют выполнить прогнозный расчет по определению экологического стока и безвозвратного водопотребления в отраслях экономики региона [6].

При построении прогнозного расчета по определению экологического стока и безвозвратного водопотребления в отраслях экономики в водосборах бассейна реки Каратал учитывались следующие положения: во-первых, расчетный период рассматривался в рамках – прошлое (1932–1986 гг.) и настоящее (1987–2009 гг.), которые показывают изменения расхода воды в реках во временном масштабе; во-вторых, для оценки измения расхода воды в реках в пространственном масштабе использованы информационно-аналитические материалы гидрологических постов – село Каратал, расположенного при выходе предгорья Жетсуского Алатау и Найменсук, расположенного на равнинной территории бассейна озера Балхаш, которые позволяют разработать систему управления и регулирования водного ресурса, обеспечивающих рациональное и эффективное использование для развития отраслей экономики в регионах.

На основе уравнения гидрохимического баланса воды речных бассейнов и однофакторных зависимостей, характеризующих относительную продуктивность водной полупогружной растительностиот речного стока и содержания загрязающих веществ, разработана математическая модель для определения экологически предельно-допустимой нагрузки в водосборах бассейна реки, включающих прогнозирование концентрации загрязняющих веществ воде в реке, предельно-допустимый уровень безвозвратного водопотребления и экологического стока, которые реализованы для определения природно-техногенной нагрузки в бассейне реки Каратал, показывающие возможности их использования для планирования, управления и регулирования водных ресурсов речных бассейнов для обеспечения устойчивости природной системы региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жанымхан К.* Методика определения экологически предельно-допустимого воздействия на малые реки // Мат-лы междунар. научно-практической конференции, посвященной подведениям итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни» / Водные ресурсы Центральной Азии и их использование.- Алматы, 2016. Кн. 2. С. 187–294.
2. *Шабанов В.В.* Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. Л.: Гидрометоиздат, 1981. 142 с.
3. *Тарко А.М.* Устойчивость биосферных процессов и принципЛе-Шателье // Доклад АН. 1995. Т. 343. № 3. С. 393–395.
4. *Маркин В.Н.* Определение экологически допустимого воздействия на малые реки // Мелиорация и водное хозяйство, 2005. № 4. С. 8-11.
5. *Попов В.А.* Математическое выражение закона лимитирующего фактора и его приложение к задачам мелиоративного земледелия // Мелиорация и водное хозяйство, 1997. № 2. С. 30–34.
6. *Мустафаев К.Ж., Козыкеева А.Т., Жанымхан К.* Особенности формирования гидрогеохимического режима реки Каратал // Гидрометеорология и экология. Алмата. 2016. № 2. С. 160–169.

УДК 502.656

ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ НА ОСНОВЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т.
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
Сагаев А.А., Алимбаев Е.Н.
Кызылординский государственный университет имени Коркыт-Ата, Кызылорда, Республика Казахстан
z-mustafa@rambler.ru

Ключевые слова: анализ, оценка, система, систематизация, загрязнение, вода, вещество, экология, состояние, антропогенная нагрузка, природа, методика, трансформация.

На основе систематизации и системного анализа многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» по загрязнению воды в низовьях реки Сырдарьи произведена оценка качества воды и их экологического состояния. Это позволяет определить интенсивность и направленность трансформации загрязняющих веществ в пространственно-временном масштабе в условиях антропогенной деятельности.

ESTIMATION OF THE GEOECOLOGICAL CONDITION OF THE LOWEER REACH OF THE SYRDARYA RIVER BASED ON HYDROCHEMICAL INDICATORS

Mustafaev Zh. S., Kozykeyeva A. T.,
Kazakh National Agrarian Univrsity, Almaty, Republic of Kazakhstan
Sagaev A.A., Alimbaev Y.N.
Korkyt-Ata Kyzylorda State University, Kyzykorda**,** Republic of Kazakhstan

Key words*: analysis, evaluation system, systematization, dirt, water, material, ecology, state, anthropogenic nature, methods, transformation.*

On the basis of systematization and system analysis of long-term information and analytical materials RSE «Kazhydromet» on water pollution in the Syrdarya River lower reaches the authors have assessed water quality and environmental conditions that enable to determine the intensity and direction of the transformation of pollutants in the spatial/temporal scale under the conditions of human activities.

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование и охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения в бассейне реки Сырдарьи были и остаются одной из важнейших гидроэкологических проблем в системе природопользования и обустройства речных бассейнов. Все более актуальной становится проблема загрязнения водных ресурсов реки Сырдарьи, являющейся основным водным объектом для бассейна Аральского моря в конце XX и в начале XXI века, поскольку непрерывно увеличивается антропогенная нагрузка и темпы использования водных ресурсов: в несколько раз превышен возможно-допустимый предел природной системы. При очень высоком темпе антропогенного воздействия и чрезмерной техногенной нагрузки природной системы бассейна Аральского моря происходило изменение качества воды и нарушение существующих биоценозов бассейна реки Сырдарьи.

Таким образом, река Сырдарья бассейна Аральского моря находится под многофакторным антропогенным воздействием, которое влияет на биотические и абиотические характеристики. Для эффективного управления необходимо иметь многолетние информационно-аналитические данные о состоянии управляемой системы, которые получают при проведении гидрологических, гидрохимических и гидробиологических наблюдений за водными объектами, а также данные обо всех существенных факторах влияния на это состояние с использованием методов всесторонней оценки состояния природных систем, позволяющих оценить качество воды.

Цель исследования – провести оценку экологического состояния нижнего течения реки Сырдарьи на основе многолетних наблюдений с помощью гидрохимических и гидробиологических показателей, а также определения индекса Шеннона для выявления факторов негативно влияющих на ее экологическое состояние.

Методы исследований. Информационной базой для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Сырдарьи использовались «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК [1] и многолетние фондовые и литературные источники по гидрохимическим показателям [2, 3], включающие биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$), азот аммонийный (NH_4), азот нитритный (NO_2), азот нитратный (NO_3), хлориды (Cl), сульфаты (SO_4), медь (Cu), цинк (Zn), натрий (Na) и нефтепродукты (табл. 1).

Табл. 1. Концентрации загрязняющих веществ в речной воде в низовьях реки Сырдарьи в пространственно-временном масштабе

Загрязняющие вещества	Годы					
	1985	1990	2000	2005	2010	2015
Гидрологический пост – Шардара						
Биологическое потребление кислорода ($БПК_5$), мг/л	–	–	3,440	2,440	1,820	2,140
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,120	0,050	0,050	0,050	0,053	0,57
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,100	0,040	0,030	0,040	0,032	0,030
Азот нитратный (NO_3), мг/л	2,580	2,950	2,420	1,850	9,34	3,500
Хлориды (Cl), мг/л	115,74	84,97	78,08	88,01	156,0	61,00
Медь (Cu), мг/л	0,140	3,170	3,040	3,130	2,500	–
Цинк (Zn), мг/л	1,080	2,600	3,370	6,010	6,967	–
Натрий (Na), мг/л	180,34	102,70	96,06	120,14	285,0	–
Сульфаты (SO_4), мг/л	514,70	526,34	487,47	526,19	845,0	344,00
Нефтепродукты, мг/л	0,09	0,080	0,080	0,090	0,052	–
Гидрологический пост – Кызылорда						
Биологическое потребление кислорода ($БПК_5$), мг/л	–	–	2,200	3,140	2,325	2,400
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,090	0,060	0,050	0,070	0,105	0,320
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,030	0,030	0,020	0,010	0,010	0,055
Азот нитратный (NO_3), мг/л	2,180	2,690	2,410	1,060	3,470	4,450
Хлориды (Cl), мг/л	124,820	84,190	85,010	121,800	214,700	145,500
Медь (Cu), мг/л	1,100	2,740	3,850	2,800	2,500	–
Цинк (Zn), мг/л	2,470	1,740	7,100	3,400	5,200	–
Натрий (Na), мг/л	188,980	126,000	111,920	188,140	603,000	–
Сульфаты (SO_4), мг/л	471,730	513,750	525,060	388,190	620,000	325,500
Нефтепродукты, мг/л	0,08	0,120	0,120	0,061	0,30	–
Гидрологический пост – Казалинск						
Биологическое потребление кислорода ($БПК_5$), мг/л	–	–	3,100	3,530	2,606	2,160
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,090	0,080	0,050	0,080	0,138	0,400
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,020	0,030	0,020	0,020	0,012	0,060
Азот нитратный (NO_3), мг/л	1,720	2,550	2,150	1,240	5,10	2,100
Хлориды (Cl), мг/л	156,06	92,73	123,37	123,23	298,0	164,000
Медь (Cu), мг/л	1,090	0,340	4,080	3,100	7,800	–
Цинк (Zn), мг/л	2,710	0,030	5,470	4,590	8,800	–
Натрий (Na), мг/л	208,080	172,330	147,030	176,950	630,300	–
Сульфаты (SO_4), мг/л	650,810	643,330	566,980	398,380	1383,000	354,300
Нефтепродукты, мг/л	0,240	0,100	0,030	0,102	0,102	–

В теоретическом и методологическом отношении основывается на современных представлениях в географической науке о системно-формирующей роли речного стока, структуре и функциях водосборов, определяющих условия жизни людей и функционирование экологических систем.

Табл. 2. Оценка загрязненности воды в низовьях реки Сырдарьи в пространственно-временном масштабе по коэффициенту предельной загрязненности

Загрязняющие вещества	ПДК, мг/л						
		1985	1990	2000	2005	2010	2015
Гидрологический пост – Шардара							
Биологическое потребление кислорода ($БПК_5$), мг/л	3			0,148	-0,187	-0,430	-0,287
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,5	-0,760	-0,900	-0,900	-0,900	-0,894	0,140
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,08	0,250	-0,500	-0,625	-0,500	-0,600	-0,625
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,1	-0,716	-0,576	-0,731	-0,796	-0,026	-0,615
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	-0,614	-0,716	-0,740	-0,707	-0,480	-0,797
Медь (Cu), мг/л	1,0	0,400	2,170	2,040	2,130	1,500	–
Цинк (Zn), мг/л	1,0	0,080	1,600	2,370	5,010	5,967	–
Натрий (Na), мг/л	120,0	0,503	-0,144	-0,199	0,001	1,375	–
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	4,147	4,263	3,875	4,262	7,450	2,440
Нефтепродукты, мг/л	0,10	-0,100	-0,200	-0,200	-0,100	-0,480	–
$K_{пз}$		0,354	0,555	0,543	0,933	1,338	0,256
Гидрологический пост – Кызылорда							
Биологическое потребление кислорода ($БПК_5$), мг/л	3	–	–	-0,267	0,047	-0,225	-0,200
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,5	-0,820	-0,880	-0,900	-0,860	-0,790	-0,360
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,08	-0,625	-0,625	-0,750	-0,875	-0,875	-0,313
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,1	-0,760	-0,704	-0,735	-0,884	-0,618	-0,510
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	-0,584	-0,719	-0,716	-0,594	-0,284	-0,517
Медь (Cu), мг/л	1,0	0,100	1,740	2,850	1,800	1,500	–
Цинк (Zn), мг/л	1,0	1,470	0,740	6,100	2,400	4,200	–
Натрий (Na), мг/л	120,0	0,575	0,050	- 0,067	0,568	4,038	–
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	3,717	4,137	4,251	2,882	5,200	2,250
Нефтепродукты, мг/л	0,10	-0,200	0,200	0,200	-0,390	2,000	–
$K_{пз}$		0,319	0,415	1,137	0,409	1,415	0,350
Гидрологический пост – Казалинск							
Биологическое потребление кислорода ($БПК_5$), мг/л	3	–	–	–	0,177	-0,131	0,033
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,5	-0,820	-0,840	-0,900	-0,840	-0,724	-0,200
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,08	-0,750	-0,625	-0,725	-0,725	-0,850	-0,250
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,1	-0,811	0,719	-0,764	-0,864	-0,439	-0,769
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	-0,480	-0,691	-0,589	-0,589	-0,007	-0,453
Медь (Cu), мг/л	1,0	0,090	-0,660	3,080	2,100	6,800	–
Цинк (Zn), мг/л	1,0	1,710	-0,970	4,470	3,590	7,800	–
Натрий (Na), мг/л	120,0	0,734	0,436	0,225	0,474	4,250	–
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	5,508	5,433	4,669	2,984	12,830	2,543
Нефтепродукты, мг/л	0,10	1,400	0,000	-0,700	0,020	0,020	–
$K_{пз}$		0,731	0,311	0,974	0,633	2,955	0,904

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко применяются методы, основанные на использовании комплексных показателей, то есть определения пределов допустимых изменений (ПДИ) [5],

порога критического действия (ПДВВ) [6], предельно допустимой концентрации (ПДК) [6], гидрохимического индекса загрязнения (ГЗВ) [6], а также методологического обеспечения Н.Г. Булгакова [7], В.П. Емельяновой [8], Т.Н. Моисеенко [9], М.Ж. Бурлибаева [1] и В.В. Шабанова [10].

При этом для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Сырдарьи используется методика В.В. Шабанова, с помощью коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [10]:

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где i – номер загрязняющего воду вещества; N – количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i – фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение [10].

Результаты исследования. Интенсивное использование водных ресурсов реки Сырдарьи и резкое изменение их качественных гидрохимических параметров в результате сброса в воду самых разнообразных загрязнителей антропогенного происхождения, способствует разрушению естественных экосистем, что требует необходимость оценить качество воды и экологического состояния водных объектов на территории Кызылординской области, являющейся одной из зон маганизирования поверхностного стока бассейна Аральского моря. Оценка качества воды и экологического состояния водных объектов в низовьях реки Сырдарьи проводилось в пространственно-временном масштабе с интервалом пять лет для выявления направленности и интенсивности гидрохимического процесса в экосистемах Кызылординской области как среды обитания человека (табл. 2).

При этом оценка качества воды в низовьях реки Сырдарьи, проведенная в пространно-временном масштабе, начиная с Шардаринского водохранилища (гидрологический пост Шардара) до устья реки (гидрологический пост Казалинск), позволила определить направленность и интенсивность загрязнения главными ионами (Cl, Na, SO_4), биогенными элементами (NH_4, NO_2, NO_3) и тяжелыми металлами (Cu, Zn), то есть вода в низовьях реки Сырдарьи в основном загрязнена с тяжелыми металлами (Cu, Zn), сульфатами (SO_4) и нефтепродуктами, что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий в низовьях реки Сырдарьи.

Таким образом, оценка качества воды по коэффициенту загрязненности проводилась в многолетнем разрезе (1985–2010 гг.) и пространственном масштабе (рис. 1), которая позволила получить характеристики качества воды для лет разной обеспеченности и различных гидрологических постах, расположенных вдоль низовий реки Сырдарьи (рис. 1 и табл. 3) [13].

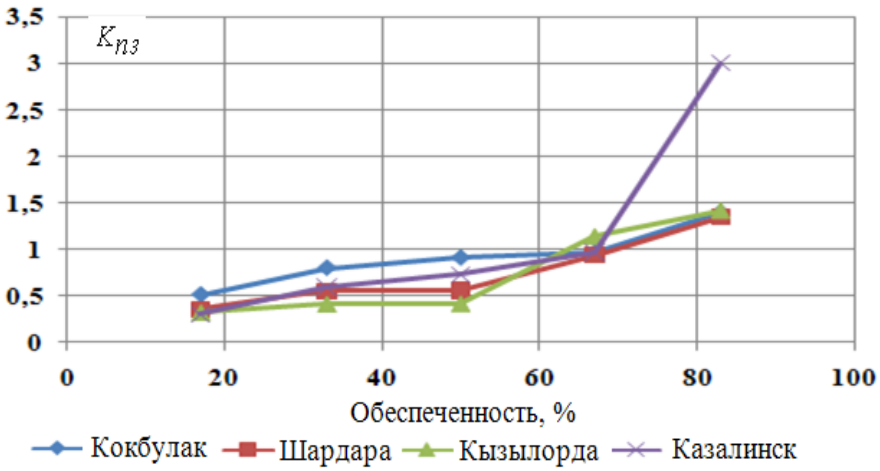


Рис. 1. Кривая обеспеченности коэффициента предельной загрязненности **(** $K_{пз}$ **).**

Табл. 3. Зависимость коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) в расчетной обеспеченности (P) для различных гидрологических постов в низовьях реки Сырдарьи

Гидрологический пост	Уравнение связи	Квадрат коэффициента корреляции (детерминации)
Кокбулак	$K_{пз} = 0.459 \cdot \exp(0.012 \cdot P)$	$R^2 = 0.915$
Шардара	$K_{пз} = 0.255 \cdot \exp(0.019 \cdot P)$	$R^2 = 0.955$
Кызылорда	$K_{пз} = 0.175 \cdot \exp(0.026 \cdot P)$	$R^2 = 0.853$
Казалинск	$K_{пз} = 0.185 \cdot \exp(0.030 \cdot P)$	$R^2 = 0.905$

При этом, как видно из таблицы 4, зависимость коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) в расчетной обеспеченности (P) была аппроксимирована функцией, представляющей собой экспоненты.

Итак, на основе многолетних информационно-аналитических материалов «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК [1] с использованием коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) В.В. Шабанова произведена всесторонняя оценка качества воды и экологического состояния водных объектов в низовьях бассейна реки Сырдарья в условиях антропогенной деятельности позволила определить степень, интенсивность, направленность и характер загрязнения водных объектов в пространственно-временном масштабе. При этом, класс качества воды в низовьях реки Сырдарьи по коэффициенту предельной загрязненности ($K_{пз}$) относится к загрязненным, что необходимо учитывать при их использовании в отраслях экономики региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитический отчет «Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья». РЭЦ ЦА. Ташкент, 2011. 31 с.
2. *Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокальский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Симернова Д.А., Ефимонко А.В., Милюков Д.Ю.* Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. Алматы: Канагат, 2014. Т. 1. 742 с.
3. *Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Искаков Н.А., Кудеков Т.К., Базарбаев С.К.* Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана. Алматы: Канагат, 2003. 723 с.
4. *Базарбаев С.К., Бурлибаев М.Ж., Кудеков Т.К., Муртазин Е.Ж.* Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. Алматы: Канагат, 2002. 196 с.
5. *Калихман А.Д., Педерсен А.Д., Савенкова Т.П., Сукнев А.Я.* Методика «пределов допустимых изменений» на Байкале – участке Всемирного наследия ЮНЕСКО. Иркутск: Оттиск, 1999.
6. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. М.: Минздрав СССР. 1988. 74 с.
7. *Булгаков Н.Г.* Экологически допустимые уровни абиотических факторов в водоемах России и сопредельных стран. Зависимость от географических и климатических особенностей // Водные ресурсы. 2004. № 2. Т. 31. С. 193–198.
8. *Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Родзиллер И.Д.* Способ обобщения показателей для оценки качества поверхностных вод // Гидрохимические материалы. 1980. Т. 77. С. 88–96.
9. *Моисеенко Т.И.* Методические подходы к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики (на примере Кольского севера) // Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского севера. Аппатиты: Кольский научный центр, 1995. С. 7–23.
10. *Шабанов В.В., Маркин В.Н.* Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. М: МГУП, 2009. 154 с.

УДК 502.504:627.83

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ СИСТЕМ БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИЛИ

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Рыскулбекова Л.
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
z-mustafa@rambler.ru

Ключевые слова: анализ, оценка, система, систематизация, загрязнение, вода, вещество, экология, состояние, антропогенная нагрузка, природа, методика, трансформация.

На основе систематизации и системного анализа многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» по загрязнению воды в низовьях реки Или произведена оценка качества воды и их экологического состояния, которые позволяют определить интенсивность и направленность трансформации загрязняющих веществ в пространственно-временном масштабе в условиях антропогенной деятельности.

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER SYSTEMS OF THE BASIN OF A TRANSBOUNDARY RIVER ILI

Mustafayev Z.S., Kozykeyeva a.T., Ryskulbekova L.
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan
z-mustafa@rambler.ru

Key words: analysis, assessment, system, systematization, pollution, water, substance, ecology, state, anthropogenic, nature, method, transformation.

On the basis of systematization and system analysis of long-term information and analytical materials of RSE «Kazgidromet» on water pollution in the lower reaches of the river Ili, water quality and their ecological status were assessed, which allow determining the intensity and direction of transformation of pollutants on a spatial and temporal scale under conditions of anthropogenic activity.

ВВЕДЕНИЕ

Потенциал самоочищения природной среды водосбора речных бассейнов можно рассматривать как интегральную экологическую оценку техногенных процессов, которые возникают при загрязнении в условиях антропогенной деятельности. При этом именно через определение потенциала самоочищения водной экологической системы появляется возможность определить степень влияния антропогенной деятельности в формировании эколого-водохозяйственного состояния водосборов речных бассейнов. Потенциал самоочищения природной среды водосборов речных бассейнов определяет его геоэкологическую устойчивость к техногенным воздействиям.

Любое техногенное вмешательство в структуру миграционных процессов в водосборах речных бассейнов влечет за собой прямую или обратную цепную реакцию, которая приводит к экологическому нарушению в водной среде, что требует необходимости проведения эколого-водохозяйственной оценки с учетом уровня изменения внешних факторов в условиях антропогенной деятельности.

Объект исследования. Река Или является основной водной артерией бассейна озера Балхаш. Она начинается истоком реки Текес на территории Казахстана, затем течет по территории КНР, где сливается с реками Кунес и Каш, затем снова входит в пределы Республики Казахстан и на 1001 км впадает в озеро Балхаш. Общая длина реки составляет 1439 км, а в пределах Республики Казахстан – 815 км. Площадь бассейна реки Или на территории Казахстана составляет 77 400 км^2, тогда как общая площадь равна 140 тыс. км^2 (примерно 75 % водосборной площади озера Балхаш [1].

Цель исследования – провести оценку эколого-водохозяйственного состояния водосбора бассейна реки Или в Казахстанской части на основе многолетних наблюдений с помощью гидрохимических показателей.

Методика исследований. Информационной базой для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Или использовались «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК [1, 2], включающие азот аммонийный (NH_4), азот нитритный (NO_2), азот нитратный (NO_3), хлориды (Cl), сульфаты (SO_4), медь (Cu), цинк (Zn), железо общее (Fe) и нефтепродукты (табл.1).

Табл. 1. Концентрации загрязняющих веществ в речной воде в водосборе бассейна реки Или в пространственно-временном масштабе

Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год				
	1985	1990	2000	2005	2010
Река Или – в створе гидропоста Добын					
Расход воды (Q), м^3/с	435,0	409,0	370,0	480,0	
Взвешенные вещества, мг/л	–	751,6	123,3	49,2	0,031
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	–	0,10	0,11	0,06	0,027
Азот нитратный (NO_2), мг/л	–	0,01	0,03	0,06	0,020
Азот нитратный (NO_3), мг/л	–	1,00	0,87	0,72	0,599
Нефтепродукты, мг/л	–	0,06	0,07	0,03	0,025
Хлориды (Cl), мг/л	–	8,87	6,55	12,86	9,260
Сульфаты (SO_4), мг/л	–	76,70	77,06	62,38	75,06
Железо общее (Fe), мг/л	–	0,18	0,30	0,34	0,233
Медь (Cu), мг/л	–	3,33	14,52	7,10	8,568
Цинк (Zn), мг/л	–	5,00	22,46	4,00	2,005
Река Или – в створе гидропоста Капчагай, 26 км ниже ГЭС					
Расход воды (Q), м^3/с	454,0	451,0	526,0	533,0	–
Взвешенные вещества, мг/л	29,4	20,6	40,0	14,2	–
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,03	0,05	0,08	0,09	0,170
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,059
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,66	0,56	0,81	2,14	0,815
Нефтепродукты, мг/л	0,15	0,15	0,05	0,02	0,005
Хлориды (Cl),мг/л	18,69	35,03	5,65	70,31	85,62
Сульфаты (SO_4), мг/л	61,59	98,34	78,0	70,28	98,96
Железо общее (Fe), мг/л	0,06	0,11	0,05	0,13	0,172
Медь (Cu), мг/л	0,93	1,75	4,36	5,03	4,815
Цинк (Zn), мг/л	2,44	3,63	8,11	3,19	2,840
Река Или – в створе гидропоста, село Ушжарма					
Расход воды (Q), м^3/с	447,0	451,0	552,0	539,0	–
Взвешенные вещества, мг/л	46,4	40,4	34,9	33,0	–
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,01	0,03	0,05	0,06	0,005
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,00	0,02	0,01	0,01	0,008
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,61	0,46	0,85	0,67	0,303
Нефтепродукты, мг/л	0,18	0,17	0,07	0,02	0,007
Хлориды (Cl), мг/л	27,20	30,28	8,26	12,21	18,63
Сульфаты (SO_4), мг/л	86,40	88,84	78,02	82,13	94,23
Железо общее (Fe), мг/л	0,06	0,09	0,05	0,05	0,233
Медь (Cu), мг/л	0,13	1,00	3,96	7,26	8,568
Цинк (Zn), мг/л	2,36	6,67	14,15	1,95	2,005

В теоретическом и методологическом отношении основывается на современных представлениях в географической науке о системно-формирующей роли речного стока, структуре и функциях водосборов, определяющих условия жизни людей и функционирование экологических систем.

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко используются методы, основанные на использовании комплексных показателей, то есть предельно-допустимой концентрации (ПДК) [2], а также методологического обеспечения М.Ж. Бурлибаева [3] и В.В. Шабанова [4].

При этом для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в водосборе бассейна реки Или применена методика В.В. Шабанова, с помощью коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [4]:

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где i – номер загрязняющего воду вещества; N – количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i – фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение, которое оценивается в соответствии с классификацией, приведенной в таблице 2.

Табл. 2. Классификация качества воды по показателю коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [4]

Очень чистая	Чистая	Умеренно чистая	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
< -0.80	-0.80-0.0	0.0-1.0	1.0-3.0	3.0-5.0	>5.0

Результаты исследований. Оценка качества воды и экологического состояния водных объектов в водосборах бассейна реки Или проводилась в пространственно-временном масштабе с интервалом пять лет для выявления направленности и интенсивности гидрохимического процесса в водных экосистемах, как среды обитания человека (таблица 3).

Таким образом, оценка качества воды водосборах бассейна реки Или проведенная в пространно-временном масштабе, начиная с границы Китайской Народной Республики (гидрологический пост Добын) до устья реки (гидрологический пост село Ушжарма) позволила определить направленность и интенсивность их загрязнения главными ионами (Cl, Na, SO_4), биогенными элементами (NH_4, NO_2, NO_3) и тяжелыми металлами (Cu, Zn).

Как видно из таблицы 3, вода в водосборах бассейна реки Или в основном загрязнена тяжелыми металлами (Cu, Zn) и нефтепродуктами, что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий. При этом следует отметить, что качество воды в створе гидропоста Добын выше Капшагайского водохранилища и в створе гидропоста Капчагай – 26 км ниже ГЭС – по показателю коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) относится к умеренно чистой, а ниже гидрологического поста в районе села Ушжарма, к умеренной чистой, однако значения коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) в два раза больше, и показывают, что во время трансформации водного потока происходит самоочищение в природной среде в водосборе бассейна реки Или.

В водосборе бассейна реки Или основными загрязняющими веществами по рыбохозяйственным критериям, по которым наблюдались экстремальные значения, являются азот нитритный, нефтепродукты, сульфаты, медь, цинк, железо общее.

Следует отметить, что водосбору бассейна реки Или характерны определенные виды загрязняющих веществ, которые меняются в значительной мере, в зависимости от интенсивности поступления загрязнений с верховьях течения рек, в том числе и с трансграничных территорий.

Табл. 3. Оценка загрязненности воды в низовьях реки Сырдарьи в пространственно-временном масштабе по коэффициенту предельной загрязненности

Загрязняющие вещества	ПДК, мг/л	Годы				
		1985	1990	2000	2005	2010
Река Или – в створе гидропоста Добын						
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.39	–	-0,743	-0,717	-0,846	-0,921
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0.02	–	-0,500	0,500	2,000	0,000
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9.0	–	-0,888	-0,903	-0,920	-0,933
Нефтепродукты, мг/л	0.05	–	0,200	0,400	-0,400	-0,500
Хлориды (Cl),мг/л	300.0	–	-0,970	-0,978	-0,957	-0,969
Сульфаты (SO_4), мг/л	100.0	–	-0,233	-0,229	-0,366	-0,249
Железо общее (Fe), мг/л	0,30	–	-0,400	0,000	0,133	-0,617
Медь (Cu), мг/л	1,0	–	2,330	13,520	6,10	9,786
Цинк (Zn), мг/л	10,0	–	-0,500	1,246	-0,600	-0,824
$K_{пз}$			-0,223	1,610	0,480	0,530
Река Или – в створе гидропоста Капчагай, 26 км ниже ГЭС						
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.39	-0,923	-0,872	-0,795	-0,769	-0,564
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0.02	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	1,950
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9.0	-0,927	-0,938	-0,910	-0,762	-0,909
Нефтепродукты, мг/л	0.05	2,000	2,000	0,000	-0,600	-0,900
Хлориды (Cl), мг/л	300.0	-0,938	-0,883	-0,981	-0,765	-0,715
Сульфаты (SO_4), мг/л	100.0	-0,384	-0,017	-0,220	-0,297	-0,010
Железо общее (Fe), мг/л	0,30	-0,800	-0,633	-0,833	-0,567	-0,427
Медь (Cu), мг/л	1,0	-0,070	0,750	3,36	4,03	3,815
Цинк (Zn), мг/л	10,0	-0,756	-0,637	-0,189	-0,681	-0,716
$K_{пз}$		-0,366	-0,289	-0,119	-0,101	0,169
Река Или – село Ушжарма						
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.39	-0,974	-0,923	-0,871	-0,846	-0,987
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0.02	0,000	0,000	-0,500	-0,500	-0,600
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9.0	-0,932	-0,949	-0,907	-0,926	-0,966
Нефтепродукты, мг/л	0.05	2,600	2,400	0,400	-0,600	-0,860
Хлориды (Cl),мг/л	300.0	-0,909	-0,899	-0,972	-0,959	-0,968
Сульфаты (SO_4), мг/л	100.0	-0,136	-0,112	-0,220	-0,179	-0,058
Железо общее (Fe), мг/л	0,30	-0,800	-0,700	-0,833	-0,833	-0,223
Медь (Cu), мг/л	1,0	-0,970	0,000	2,960	6,260	7,568
Цинк (Zn), мг/л	10,0	-0,764	-0,333	0,415	-0,805	-0,800
$K_{пз}$		-0,320	-0,068	0,034	0,068	0,234

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокальский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Симернова Д.А., Ефимонко А.В., Милюков Д.Ю.* Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. г. Алмата, Канагат, 2014. Т. 1. 742 с.
2. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. М.: Минздрав СССР, 1988. 74 с.
3. Методические указания по организации и функционированию подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод Казахстана. Алматы, 2012. 140 с.
4. *Шабанов В.В., Маркин В.Н.* Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. М.: МГУП, 2009. 154 с.

УДК 502.656

ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК С УЧЕТОМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОГРАНИЧЕНИЯ

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Арыстанова А.Б.
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
z-mustafa@rambler.ru

Ключевые слова: водные ресурсы, трансграничные реки, концепция, стратегия, использование, управление, реализация, планирование, интегрированное управление водными ресурсами.

На основе принципов разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии с программным планом (программой) действия, принятым на «Повестке дня на XXI век» ООН в Рио-де-Жанейро и разработанного Европейским экологическим агентством – «DPSIR-анализ», как метода систематизации информации и выделения причинно-следственных связей с целью решения проблем интегрированного управления водными ресурсами трансграничных рек, обоснована система интегральных критериев геоэкологического ограничения, обеспечивающая ограничение и предотвращение негативного влияния трансграничного воздействия.

INTEGRATED MANAGEMENT OF WATER RESOURCES OF THE BASIN OF TRANSBOUNDARY RIVERS WITH TAKING INTO CONSIDERATION GEOECOLOGICAL LIMITATION

Mustafayev ZH.S.,Kozykeyeva A.T., Arystanova A.B.
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan
z-mustafa@rambler.ru

Key words: water resources, transboundary rivers, concept, strategy, use, management, implementation, planning, integrated water resources management.

The authors propose a system of integral criteria for geo/ecological constraints based on the principles of reasonable, equitable and fair use of water resources in accordance with the program of action adopted on UN «Agenda of the XXI century» in Rio de Janeiro and developed by the European Environmental Agency – «DPSIR-analysis», as a method systematization of information and the allocation of causal relationships in order to solve the problems of integrated water management of cross-border rivers to limit and prevent negative consequences of cross-border impact.

Актуальность. Для ускорения перехода к более устойчивым методам развития и управления водными ресурсами, на основе принципов разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии с программным планом (программой) действия, принятым на «Повестке дня на XXI век» ООН в Рио-де-Жанейро [1], являющимся основополагающей нормой правового режима трансграничных вод, и, согласно которому, каждое государство бассейна имеет право в пределах своей территории на разумную и справедливую долю в получении выгоды от пользования водами этого бассейна. При этом обоснованность и достоверность равноправного, разумного и справедливого использования трансграничных вод должны определяться путем учета всех факторов, включая гидрографические, гидрологические, гидрогеохимические и климатические условия, а также использование водных ресурсов в прошлом и настоящем для решения экономических и социальных проблем каждого государства, расположенных в водосборах бассейнов рек. Одним из факторов при определении разумности, равноправности и справедливости является

степень, в которой нужды каждого государства могут быть удовлетворены без причинения существенного ущерба другому государству, расположенному в водосборах бассейнов трансграничных рек. Для решения этой задачи необходимо формирование системы интегральных критериев для интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) бассейнов трансграничных рек, включающих механизмы организации и совместного проведения комплексных мероприятий, направленных на сокращение, ограничение и предотвращение негативного влияния трансграничного воздействия, что требует разработки и обоснования критериев геоэкологического ограничения, обеспечивающих принцип разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии программного плана (программа) действия, принятым на «Повестка дня на XXI век» [2, 3].

Цель исследования – разработать методологическое обеспечение для планирования и реализации интегрированного управления водными ресурсами в бассейне трансграничных рек на основе качественных и количественных интегральных критериев геоэкологического ограничения, позволяющих реализацию принципа разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии с программным планом (программой) действия, принятым на «Повестке дня на XXI век».

Материалы и методы исследования. Под геоэкологическими ограничениями при интегрированном управлении водными ресурсами трансграничных рек понимаются требования и критерии экологически допустимого использования природно-ресурсного потенциала водосборов речных бассейнов, подтверждающих сохранения устойчивости и стабильности природной системы, их средо- и ресурсовоспроизводящих функций.

Для обоснования интегральных критериев геоэкологического ограничения при интегрированном управлении водными ресурсами трансграничных рек и их систематизации была использована концепция, разработанная Европейским экологическим агентством, – «Drivingforce (движущие силы) – Prtssure (давление) – State (состояние) – Impact (влияние воздействие) – Response (ответственность)» – DPSIR-анализ как метод систематизации информации и выделения причинно-следственных связей с целью решения проблем в сфере окружающей среды [4].

Результаты исследования. Для сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек при планировании и реализации ИУВР необходимо обеспечить принцип разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии с концепцией, принятой на «Повестке дня на XXI век, что требует решения следующих задач:

1. На основе многолетних данных гидрогеохимического режима и биогенного вещества в водных ресурсах бассейна трансграничных рек при оценке качества и индекса загрязненности воды по экологическим требованиям рыбохозяйственного и хозяйственно-питьевого водопользования [5], можно использовать коэффициент предельной загрязненности ($K_{пз}$) В.В. Шабанова [6]:

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где i – номер загрязняющего воду вещества; N – количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i – фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение, которые оцениваются в соответствии с классификацией качества воды.

2. Территориальное планирование водопользования на основе интегральных параметров с использованием климатических, геолого-геоморфологических, гидрологических и ландшафтных факторов, обусловливающих экологический предельно-допустимый уровень использования природно-ресурсного потенциала водосбора бассейна трансграничных рек, осуществляется с учетом геоэкологических ограничений [7], т.е. нижнего порога предельно-допустимого уровня нормы водопотребности ($O_p^{ниж}$) – транспирации растений, обеспечивающих формирование биологических масс (T) и верхнего предельно-допустимого

уровня нормы водопотребности ($O_p^{верх}$) – экологических норм водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_p^э$), обеспечивающих целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях [8].

3. На основе показателей антропогенных воздействий, то есть демографических, промышленных и сельскохозяйственных, характеризующих хозяйственную деятельность, при оценке техногенной нагрузки на водосборную территорию бассейна реки [9] можно использовать обобщенный показатель ($K_{тн}$), который определяется по формуле [10]:

$$K_{кт} = \sqrt{\prod_{i=1}^{n} K_i^i},$$

где $K_i^i = \exp(-K_i)$ – относительные значения уровня техногенных нагрузок на водосборные территории речных бассейнов или коэффициент антропогенной деятельности [11].

Для определения уровня техногенной нагрузки на водосборный бассейн трансграничных рек использован показатель А.Г. Исаченко – коэффициент (K_i), характеризующий отношение отдельной фактической техногенной нагрузки к оптимальному значению, принятый как уровень средней нагрузки [8]:

- коэффициент ($K_i^{пл}$), характеризующий плотность населения: $K_i^{пл} = П_{опт} / П_{фак}$, где $П_{фак}$ – фактическая плотность населения, чел/км^2; $П_{опт}$ – оптимальная плотность населения, которая соответствует уровню средней нагрузки, чел/км^2;
- коэффициент ($K_i^{пр}$), характеризующий плотность промышленного производства: $K_i^{пр} = ПР_{опт} / ПР_{фак}$, где $ПР_{фак}$ – фактическая плотность промышленного производства, тыс. доллар/км^2; $ПР_{опт}$ – оптимальная плотность промышленного производства, которая соответствует уровню средней нагрузки, тыс. долл./км^2;
- коэффициент ($K_i^{ра}$), характеризующий распаханность естественных ландшафтов: $K_i^{ра} = F_{рас}^{опт} / F_{рас}^{фак}$, где $F_{рас}^{фак}$ – фактическая распаханность естественных ландшафтов, %; $F_{рас}^{опт}$ – оптимальная распаханность естественных ландшафтов, которая соответствует уровню средней нагрузки, %;
- коэффициент ($K_i^{жив}$), характеризующий плотность животноводческой нагрузки: $K_i^{жив} = N_{опт}^{жив} / N_{фак}^{жив}$, где $N_{фак}^{жив}$ – фактическая плотность животноводческой нагрузки, условные головы/км^2; $N_{опт}^{жив}$ – оптимальная плотность животноводческой нагрузки, которая соответствует уровню средней нагрузки,условные головы/км^2.

При этом совокупная техногенная нагрузка на водосборные территории речных бассейнов определялась как квадратный корень произведения относительных значений уровня отдельных видов техногенных нагрузок – $K_i^i = \exp(-K_i)$, в результате чего можно получить обобщенный интегральный показатель ($K_{тн}$), характеризующий результат антропогенной деятельности [10].

4. Количественную оценку экологической ситуации гидроагроландшафтов можно производить следующим образом: сначала рассматривать природную среду на региональном или локальном уровне, районирующую по видам деятельности, существенно неменяющуюся в пространственно-временном масштабе $t_i \to t_o$ (где t_i – прошлый период; t_o – современный период) в системах «почва–растения–человек» [12]. В пределах каждой антропогенной деятельности оцениваются приведенные коэффициенты негативной реакции для человека – $\overline{NR} = NR_i / NR_{\max}$ и для среды его обитания $\overline{nr} = nr_i / nr_{\max}$ [12, 13]:

для человека $\overline{NR} = \left(\sum_1^i \overline{D}_i \cdot q_x \right) \sum_1^i \varepsilon_i(k)$;

для среды его обитания $\overline{nr} = \left(\frac{\overline{D}_{вв}}{\overline{D}_{рв}} + q_x \right) \sum_1^i \beta \cdot \varepsilon_i(k)$,

где $\overline{D}_i$ – степень заражения ядохимикатами питьевой воды для снабжения населения; $\overline{D}_{вв}$ – уровень использования для орошения речных вод; $\overline{D}_{рв}$ – уровень использования возвратных вод для орошения; ε_i – частные параметры ухудшения свойств компонентов природной системы (для человека, это – динамика болезней, связанных с потреблением загрязненной воды и заражением воздуха – $\varepsilon_i(r)$, для почвы, растений и сельскохозяйственных культур – содержание в почве токсичных солей, длягрунтовых вод – повышение их минерализации и уровня – $\varepsilon_i(k)$); β – поправочный коэффициент (для почв и грунтовых вод $\beta = 1$, для сельскохозяйственных культур $\beta > 1$); q_x – интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почвы и грунтовые воды.

5. На основе принципов разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов трансграничных рек, распределения располагаемых водных ресурсов для использования в отраслях экономики на межгосударственном уровне в разрезе административных областей и районов [14], можно использовать коэффициент располагаемых земельных ресурсов ($K_{зрi}$) водособора бассейна рек в разрезе фаций, который определяется по формуле [15]:

$$W_{бкi} = K_{зрi} \cdot (W_{oi} - \Delta W_{сэi}),$$

где W_{oi} – объем водных ресурсов речных бассейнов, км^3; $W_{сэi}$ – объем гарантированных санитарно-экологических водных ресурсов речных бассейнов, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы в низовьях.

Таким образом, следует отметить, что, прежде чем планировать интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) водосбора бассейна трансграничных рек, необходимо ответить на ряд важных вопросов о необходимости и целесообразности их использования для устойчивого развития и обеспечения продовольственной безопасности страны, на основе принципов разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов в соответствии с программным планом, принятым на «Повестке дня на XXI век» ООН, требующих решения комплексных задач о рациональном и сбалансированном использовании природных ресурсов в рамках разработанного методологического обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коптюг В.А.* Конференция ООН по окружающей среды и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года): Информационный обзор. Новосибирск: Российская Академия наук. Сибирское отделение, 1992. 62 с.
2. *Э. Дэн Тарлок* Интегрированное управление водными ресурсами: теория и практика // Научно-практический семинар НАТО Интегрированное управление водными ресурсами на трансграничных бассейнах – межгосударственные и межсекторальные подходы. Бишкек, 2004. 23 с.

3. Катализатор реформ: Руководство по разработке стратегии интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) и повышения эффективности водопользования. Elanders, 2004. 55 с.
4. Стратегический подход к мониторингу и оценке трансграничных рек, озер и подземных вод». Нью-Йорк-Женева: ООН, 2006. 26 с.
5. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. М.: Минздрав СССР. 1988. 74 с.
6. *Шабанов В.В., Маркин В.Н.* Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов. М.: МГПУ, 2009. 154 с.
7. *Орлова И.В.* Учет геоэкологических ограничений при территориальном планировании оросительных мелиораций // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2014. № 1 (13). С. 147–157.
8. *Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Т.* Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. Тараз, 2012. 528 с.
9. *Исаченко А.Г.* Экологическая география России. СПб. Издательский дом СПбГУ, 2001. 328 с.
10. *Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Иванова Н.И., Ешмаханов М.К., Турсынбаев Н.А.* Оценка техногенной нагрузки на водосборной территории бассейна трансграничной реки Талас на основе интегральных показателей антропогенной деятельности // Известия НАН РК. Серия аграрных наук. 2017. № 2. С. 48–56.
11. *Джени К.* Средние величины. М.: Статистика, 1990. 341 с.
12. *Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П.* Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство. 1990. № 12. С. 5–12; 1991. № 1. С. 2–9.
13. *Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т.* О методике экологической оценки природной среды //Проблемы гидротехники и мелиорации земель в Казахстане / Труды КазНИИВХ. Алматы: РНИ «Бастау», 1997. С. 128–133.
14. *Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А.* Обоснование экологических услуг водосбора бассейна трансграничной реки Талас на основе оценки биоклиматического потенциала ландшафтных систем // Известия НАН РК, серия аграрных наук, 2017. № 4. С. 57–66.
15. *Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А.* Оценка биоклиматического потенциала водосбора бассейна трансграничной реки Талас при комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология, 2017. № 2. С. 163–175.

УДК 551.58: 631.551.4

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛУГ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ТАЛАС

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т.
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан
Турсынбаев Н.А.
Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Республика Казахстан

Ключевые слова: оценка, климат, потенциал, водосбор, река, шкала, индекс, зона, увлажнение, продуктивность, ландшафт, экология, услуга, мелиорация, природа.

На основе информационно-аналитических материалов «Казгидромет» и «Кыргызгидромет», сельского хозяйства Республики Казахстан и Кыргызской Республики и методологического подхода для оценки климатического индекса продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко определены естественный и потенциальный биоклиматические потенциалы геоморфологической фации водосбора бассейна трансграничной реки Талас с использованием ресурсов природных и антропогенных услуг, давших возможность научно обосновать уровни мелиоративных услуг для повышения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ($Б_К$) при комплексном обустройстве их природных систем.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SERVICES OF THE TRANSBOUNDARY TALAS RIVER BASIN CATCHMENT

Mustafayev Z.S., Kozykeyeva A.T.,
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Tursynbayev N.A.
M.Kh. Dulati Taraz State University, Taraz, Republic of Kazakhstan

Key words: estimation, climate, potential, catchment, river, scale, index, zone, humidification, productivity, landscape, ecology, service, reclamation, nature.

On the basis of information and analytical materials «Kazhydromet» and «Kyrgyzhydromet» Agriculture of the Republic of Kazakhstan and the Kyrgyz Republic and the methodological approach for assessing climate landscapes productivity index DI Shashko identified natural and potential bioclimatic potential geomorphological facies catchment basins of transboundaryTalas River using natural and human services resources that made it possible to scientifically substantiate levels of reclamation services to enhance climate index of the biological landscape productivity ($Б_К$) in the complex arrangement of the natural systems that can be used as a rational, equitable and fair distribution of water resources.

Актуальность. В связи с угрозой «водного кризиса» в последние годы в мире уделяется повышенное внимание сохранению количества и качества водных ресурсов, внедрению методов их рационального использования и охраны. Начиная с первой конференции ООН по Природным ресурсам, которая проходила на озере Сассеке в 1949 г., затем – в Мардель-Палата в 1977 г., в Дублине, Рио-де-Жанейро и Хельсинки в 1992 г. и в Гааге в 2000 г., вода всегда является объектом широкого круга обсуждения, доказательством является документ, принятый в Рио-де-Жанейро, – «Повестка дня на XXI век».

В принятом в документе зафиксировано, что «укрепление водными ресурсами осуществляется таким образом, чтобы потребности нынешнего поколения удовлетворились без ущерба для возможностей будущего поколения удовлетворить свои собственные потребности». В Хельсинских правилах пользования водами международных рек: «каждое государство бассейна имеет право в пределах своей территории на разумное, равноправное и справедливое участие в полезном использовании воды международного водосборного бассейна» [1].

При этом в «Повестке дня на XXI век» отмечено, что количественное обоснование экологических услуг в речных бассейнах в системе природопользования является одним из интегральных критериев, обеспечивающих рациональное и эффективное использование природно-ресурсных потенциалов трансграничных рек на межгосударственном уровне. Поэтому оценка биоклиматического потенциала водосбора бассейна трансграничных элементов, характеризующих их «природный капитал» является одним из важных интегральных показателей при оценке уровня экологических услуг в системе природопользования [2].

Объект исследования. Река Талас образуется от слияния рек Каракол и Уч-Кошой, берущих свое начало в ледниках Таласского хребта Киргизии. На своем пути Талас принимает много притоков, из которых наиболее полноводные: Урмарал, Кара-Буура, Кумуштак, Калба, Беш-Таш. В нижнем течении река теряется в песках Мойынкум.

Общая площадь бассейна Талас составляет 52,7 тыс. км², в том числе 11,43 тыс. км² (21,7 %) в пределах Кыргызстана и 41,27 тыс. км² – в пределах Казахстана. Протяженность р. Талас – 661 км, из них 444 км – на территории Казахстана и 217 км – на территории Кыргызстана.

Цель исследования – на основе оценки биоклиматического потенциала природной системы водосбора трансграничной реки Талас обосновать уровень природных экологических услуг, то есть услуг мелиорации сельскохозяйственных земель для рационального и эффективного использования их природно-ресурсного потенциала и выявление их региональных различий.

Материалы и методика исследования. Для оценки биоклиматического потенциала природной системы водосбора трансграничной реки Талас использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Казгидромет» Республики Казахстан и «Кыргызгидромет» Кыргызской Республики. Кроме того, использованы материалы статистической отчетности об урожайности сельскохозяйственных культур по административным районам области Республики Казахстан и Кыргызской Республики.

Методологией комплексного обустройства водосборов бассейна рек, учитывая многоаспектность проблемы, принята вся совокупность существующих в природопользовании методологических подходов, то есть приоритетными выбраны геосистемный и катенарный подходы.

Поэтому при схематизации природных условий бассейна р. Талас было принято, что каждый ландшафтный район представлен набором катен из характерных фаций с разным высотным взаиморасположением, определяемым глубиной расчленения рельефа (табл. 1).

Табл. 1. Геоморфологическая схема катен бассейна реки Талас

Катена	Физико-географическое районирование		Административное деление	
	природные зоны	зоны увлажненности	республика, область	районы
Элювиальная	Горные степи	умеренно-засушливая и влажная горная	Кыргызская Республика, Таласская область	Таласский
Тарансэлювиальная	Предгорная степь	Засушливая горная		Карабууринский, Бакайатинский, Манасский
Супераквиальная	Предгорная полупустыня	Сухая предгорная	Республика Казахстан, Жамбылская область	Жамбылский, Байзакский
Аквиальная	Пустыня южная	Очень сухая		Сарысуский, Таласский

Для определения ресурсного потенциала водосборной территории бассейна р. Талас, в качестве потенциально важных предикторов, в базу данных вводили и анализировали следующие природно-климатические показатели: сумму биологически активных температур

($\sum t,^{o}C$), сумму осадков (O_c, мм), испаряемость (E_o, мм), фотосинтетически активную радиацию (R, кДж/см^2), сумму средних суточных значений дефицита влажности воздуха ($\sum d$, мб), среднегодовую температуру воздуха (T^oC) [6].

Результаты исследования

На основе многолетних информационно-аналитических материалов «Казгидромет» и «Кыргызгидромет» определены средние многолетние природно-энергетические ресурсы природной системы водосборов бассейна реки Талас (табл. 2).

Табл. 2. Природно-энергетические ресурсы природной системы водосборов бассейна реки Талас

Метеостанции	Абсолютная высота местности (H), м	Природно-энергетические показатели					
		T^oC	$\sum t,^{o}C$	R, кДж/см^2	$\sum d$, мб	E_o, мм	O_c, мм
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)							
Акташ	2000	4,6	2500	156,3	1680	880	469
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)							
Талас	1200	7,6	2775	164,2	1860	960	327
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)							
Тараз	642	9,0	3400	170,9	1860	1020	287
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)							
Биликкол	366	9,1	3727	181,7	2161	1190	314
Байкадам	336	9,8	3700	180,8	2560	1110	155
Камкалыкол	317	9,7	3670	186,5	3477	1147	185

Как видно из табл. 2, сумма активных температур воздуха ($\sum t,^{o}C$) и суммарный солнечный радиационный баланс (R, кДж/см^2) природной системы водосборов бассейна реки Талас с горного класса ландшафтов (элювиальная фация) в равнинный класс ландшафтов (аквиальная фация) повышается, а атмосферные осадки (O_c, мм), характеризующие влагообеспеченность, уменьшаются в соответствии с законами географической зональности.

Влияние на биологическую продуктивность ландшафтов тепла и влаги выражается относительными величинами биоклиматического потенциала природной системы, то есть через климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко [3]:

$$Б_к = K_{p(ку)}\left[100 \cdot \sum t > 10^oC / \sum t > 10^oC_o\right],$$

где $Б_к$ – климатический индекс биологической продуктивности; $\sum t > 10^oC$ – сумма средних суточных температур воздуха выше +10 °С, отражающая поступление солнечной энергии и теплообеспеченности ландшафтов; $\sum t > 10^oC_o$ – сумма средних суточных температур воздуха выше +10 °С, равных начальной зоне формирования стока речных бассейнов, равная 1000 °С; $K_{p(ку)}$ – коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения, представляющий собой отношение продуктивности при данных условиях влагообеспеченности к максимальной продуктивности в условиях оптимальной влагообеспеченности и определяется по формуле:

$$K_{p(ку)} = 1.15 \cdot \lg(20 \cdot Md) - 0.21 + 0.63 \cdot Md - Md^2,$$

здесь $M_d = O_c / \sum d$ – показатель увлажнения [6].

Биоклиматический потенциал, выраженный в баллах, является интегральным показателем и служит основным показателем для оценки агроклиматической значимости климата и приблизительно отображает биологическую продуктивность зональных типов почв, так как урожайность зависит от плодородия почвы и характеризует благоприятность

климата [3], что дает возможность определить потенциальное значение климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов речных бассейнов ($Б_{кп}$) при

$$K_{p(ку)} = 1.0 : \; Б_{кп} = \left[100 \cdot (\sum t > 10^{o} C / \sum t > 10^{o} C_{o}) \right].$$

На основе связи с продуктивностью растений, а также географической зональностью водосборов речных бассейнов для средней оценки биологической продуктивности ландшафтов определен климатический индекс биологической продуктивности земли по Д.И. Шашко (табл. 3).

Табл. 3. Биоклиматический потенциал (*БКП*) и климатический индекс биологической продуктивности ($Б_{к}$) по геоморфологической схематизации водосборов бассейна р. Талас

Метеостанции	Абсолютная высота местности (H), м	Показатели биоклиматического потенциала				
		M_d	$K_{p(ку)}$	$\frac{\sum t > 10^{o} C}{\sum t > 10^{o} C_{o}}$	$Б_{к}$	$Б_{кп}$
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)						
Акташ	2000	0,28	0,75	2,500	187,5	250,0
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)						
Талас	1200	0,18	0,51	2,775	141,5	277,5
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)						
Тараз	642	0,15	0,41	3,400	139,4	340,0
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)						
Биликкол	366	0,14	0,40	3,727	149,1	372,7
Байкадам	336	0,12	0,29	3,700	107,3	370,0
Камкалыкол	317	0,10	0,19	3,670	69,7	367,0

Как видно из табл. 3, коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения ($K_{p(ку)}$) уменьшается от горного класса ландшафтов (элювиальная фация) до равнинного класса ландшафтов (аквальная фация) в бассейне р. Талас и, следовательно, климатический индекс биологической продуктивности ($Б_{к}$) тоже снижается в три раза, то есть от 187,5 до 69,7 в баллах.

При этом следует отметить, что по шкале климатической продуктивности Д.И. Шашко [3], в бассейне р. Талас только горный класс ландшафтов (элювиальная фация) относится к зоне повышенной продуктивности ($Б_{к} = 150 - 200$), а предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) и предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация) – к зоне средней продуктивности ($Б_{к} = 115 - 150$), равнинный класс ландшафтов (аквальная фация) – к зоне низкой продуктивности ($Б_{к} = 55 - 85$).

Следовательно, разница потенциального значения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ($Б_{кп}$) и естественного значения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ($Б_{к}$) дает предельный возможный рост климатической продуктивности природной системы речных бассейнов за счет оказания антропогенных услуг, которые определяются по следующему выражению: $\Delta Б_{к} = Б_{кп} - Б_{к}$. При этом потенциальная возможность повышения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов бассейна трансграничной р. Талас за счет использования антропогенной экологической услуги очень высокая, особенно в предгорном равнинном подклассе ландшафтов (супераквиальная фация) ($\Delta Б_{к} = 200.6$) и равнинном классе ландшафтов (аквиальная фация) ($\Delta Б_{к} = 2223.6 - 297.3$).

Для определения уровня эколого-мелиоративных услуг можно использовать интегральный показатель затраты воды одного балла климатического индекса биологической продуктивностью ($Б_{к}$):

$$\Delta e_{бп} = O_{c} / Б_{к}; \; \Delta E_{бп} = \Delta e_{бп} \cdot \Delta Б_{к},$$

где $\Delta e_{бп}$ – затраты воды одного балла климатического индекса биологической продуктивностью ($Б_к$); $\Delta E_{бп}$ – предельно-допустимые или экологические водопотребности для повышения климатического индекса биологической продуктивностью ландшафтов ($Б_к$) за счет использования эколого-мелиоративных услуг при антропогенной деятельности, мм.

На основе предложенного методологического подхода определены предельно-допустимые или экологические водопотребности для повышения климатического индекса биологической продуктивностью ландшафтов ($Б_к$), за счет использования эколого-мелиоративных услуг в условиях антропогенной деятельности в пределах геоморфологической фации водосбора бассейна трансграничной реки Талас (табл. 4).

Табл. 4. Экологические водопотребности сельскохозяйственных угодий для повышения климатического индекса биологической продуктивностью ландшафтов

Метеостанции	Абсолютная высота местности (H), м	Показатели биоклиматического потенциала				
		O_c, мм	$Б_к$, балл	$\Delta e_{бп}$, мм/балл	$\Delta Б_к$	$\Delta E_{бп}$
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)						
Акташ	2000	469	187,5	2,50	62,5	156,3
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)						
Талас	1200	327	141,5	2,31	136,0	314,2
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)						
Тараз	642	287	139,4	2,06	200,6	413,2
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)						
Биликкол	366	314	149,1	2,10	223,6	469,6
Байкадам	336	155	107,3	1,44	262,7	378,3
Камкалыкол	317	185	69,7	2,55	297,3	758,1

Как видно из табл. 9, экологические водопотребности для повышения климатического индекса биологической продуктивностью ландшафтов водосбора бассейна реки Талас с использованием услуг мелиорации сельскохозяйственных земель повышается с горного класса ландшафтов (элювиальная фация) ($\Delta E_{бп} = 156.3 мм$) в сторону равнинного класса ландшафтов (аквальная фация) ($\Delta E_{бп} = 758.1 мм$), то есть повышается в пять раз, что следует учитывать, во-первых, при разумном, равноправном и справедливом распределении водных ресурсов трансграничной реки Талас между государствами Кыргызской Республики и Республики Казахстан, во-вторых, рациональное и эффективное использование ландшафтных систем водосборных территорий высокопродуктивных гидроагроландшафтов, в-третьих, экспорт экологических услуг, то есть услуги природных водных ресурсов для повышения продуктивности гидроагроландшафтов, в-четвертых, при комплексном обустройстве водосбора речных бассейнов.

Для разработки интегральных критериев, позволяющих сбалансированно перераспределять экологические услуги водосбора речных бассейнов, можно использовать отношение естественного климатического индекса биологической продуктивности отдельных ландшафтных классов или катен (фации) ($Б_{кфi}$) к средне климатическому индексу биологической продуктивности всех ландшафтных классов $\sum_{i=1}^{n} Б_{кфi} / n$, то есть коэффициент экологических услуг водосбора речных бассейнов, обеспечивающих сбалансирования биологической продуктивности гидролагроландшафтов в условиях антропогенной деятельности $K_{бкi} = 1 - (Б_{кфi} / Б_{кфi}^{ср})$ и $\sum_{i=1}^{n} K_{бкi} = 0 \to const$.

На основе предложенного методологического подхода определен коэффициент экологических услуг водосбора бассейна реки Талас (табл. 5).

Табл. 5. Интегральный коэффициент экологических услуг водосбора бассейна реки Талас

Физико-географическое районирование		Метеостанции	Коэффициент экологических услуг	
класс ландшафтов	фация		$Б_{кфi}$	$К_{бкi}$
Горная	Элювиальная	Акташ	187.5	- 0,4159
Предгорная	Трансэлювиальная	Талас	141.5	- 0,0687
Предгорная равнинная	Супераквальная	Тараз	139.4	- 0,0527
Равнинная	Аквальная	Биликкол	149.1	- 0,1259
		Байкадам	107.3	0,1897
		Камкалыкол	69.7	0,4736
$Б^{ср}_{кфi}$ и $\sum_{i=1}^{n} К_{бкi}$			132,42	0,0

Как видно из таблицы 5, горная (элювиальная), предгорная (трансэлювальная) и предгорная равнинная (супераквальная) зоны водосбора бассейна реки Талас могут экспортировать природные капиталы Кыргызской Республики в виде водных ресурсов для повышения биологической продуктивности почвенных и растительных покровов равнинной (аквальной) зоны, то есть за счет импортирования водных ресурсов, что обеспечит сбалансированное функционирование природно-техногенного комплекса на основе создания высокопродуктивных гидроагроландшафтов на территории Республики Казахстан [7].

Для равноправного, разумного и справедливого распределения среднемноголетних располагаемых водных ресурсов трансграничных рек ($W_{бкi}$) можно использовать коэффициент располагаемых земельных ресурсов ($K_{зрi}$) водособора бассейна реки в разрезе фаций, которые определяются по формуле: $W_{бкi} = K_{зрi} \cdot (W_{oi} - \Delta W_{сэi})$, где W_{oi} – объем водных ресурсов речных бассейнов, км^3; $W_{сэi}$ – объем гарантированных санитарно-экологических водных ресурсов речных бассейнов, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы в низовьях.

Коэффициент располагаемых земельных ресурсов ($K_{зрi}$) водособора бассейна реки можно определить как отношение земельных ресурсов административных районов (F_i) к общим земельным ресурсам водосбора бассейна реки Талас (F_o), то есть $K_{зрi} = F_i / F_o$.

При этом объем водных ресурсов (W_i) для оказания экологических услуг с целью повышения «естественного природного капитала» ($ЕПК$) до потенциального природного капитала» ($ППК$) с позиции биологической продуктивности растительного и почвенного покровов отдельных ландшафтных классов или фаций водосборов речных бассейнов определяется по формуле:

$$W_{бк(э-и)i} = K_{бкi} \cdot W_{бкi},$$

где W_{oi} – объем располагаемых водных ресурсов речных бассейнов, км^3; $W_{сэi}$ – объем гарантированных санитарно-экологических водных ресурсов речных бассейнов, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы в низовьях.

Средний многолетний объем водных ресурсов (W_{oi}) водосбора бассейна трансграничной реки Талас составляет 1,84 км^3 и из него 0,552 км^3 объем гарантированных санитарно-экологических водных ресурсов речного бассейна ($W_{сэi}$), обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы в низовьях, то есть средний многолетний объем располагаемых водных ресурсов ($W_{oi} - W_{сэi}$) составляет 1,288 км^3.

На основе средних многолетних располагаемых водных ресурсов ($W_{oi} - W_{сэi}$) и коэффициента располагаемых земельных ресурсов ($K_{зрi}$) определены средние многолетние

располагаемые водные ресурсы административного района водосбора бассейна трансграничной реки Талас.

Табл. 11. Средние многолетние располагаемые водные ресурсы административного района водосбора бассейна трансграничной реки Талас, выделенных в рамках межгосударственного водораспределения

Класс ландшафтов и фация	Административные районы	Располагаемые природные ресурсы			Экологические услуги, км^3	
		земельные		водные, км^3	экспорт	импорт
		км^2	%			
Горная (элювиальная)	Таласский	5280,0	7,394	0,095	-0,0395	–
Предгорная (трансэлювиальная)	Кара-Буринский	3207,0	12,808	0,165	-0,0113	–
	Бакай-Атинский	9145,6	4,491	0,058	-0,0040	–
	Манасский	2670,0	3,739	0,048	-0,0032	–
Предгорная равнинаясупераквальная)	Жамбулский	3200,0	4,480	0,057	-0,0030	–
	Байзакский	4400,0	6,162	0,079	-0,0099	–
Равнинная (аквальная)	Талаский	12200,0	17,086	0,220	–	0,0227
	Сарысуский	31300,0	43,840	0,564	–	0,0482
По бассейну реки Талас		71402,6	100	1,288	0,0709	0,0709

Таким образом, на основе системного анализа данных, приведенных в таблице 11, можно констатировать, что в пределах водосбора бассейна трансграничной реки Талас в определенных условиях административные районы Таласской области Кыргызской Республики осуществляют экологические услуги виде экспорта располагаемых водных ресурсов, выделенных в рамках межгосударственного водораспределения в объеме 0,0709 км^3, а административные районы Жамбылской области Республики Казахстан в виде импорта водных ресурсов используют их для повышения биологической продуктивности растительного и почвенного покровов ландшафтных систем, на основе создания высокопродуктивных и устойчивых гидроагроландшафтных систем с целью обеспечения продовольственной безопасности населения региона,

Обсуждение и выводы. На основе использования климатического индекса продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко [3] определены естественные и потенциальные биоклиматические потенциалы геоморфологической фации водосбора бассейна трансграничной реки Талас с использованием ресурсов природных и антропогенных услуг, которые дали возможность научно обосновать уровень экологических услуг водных ресурсов водосбора речных бассейнов для повышения климатического индекса биологической продуктивностью ландшафтов ($Б_К$) при комплексном обустройстве их природных систем и разумное, равноправное и справедливое распределение водных ресурсов в регионе в соответствии программы «Повестка дня на XXI век», принятой в рамках ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б.* Сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек. Тараз, 2005. 111 с.
2. *Мустафаев К.Ж., Маймеков З.К.* Экологические услуги в речных бассейнах. Тараз, 2015. 146 с.
3. *Шашко Д.И.* Учитывать биоклиматический потенциал // Земледелие. 1985. № 4. С. 19–26.
4. Сельское хозяйство Кыргызской Республики. Бишкек, 2016. 89 с.
5. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Казахстана (Статистический сборник). Астана, 2009. 232 с.
6. Сельское хозяйство Жамбылской области в годы независимости (Справочник). Тараз: Сеним, 2016. 424 с.
7. *Мустафаев Ж.С.* Понятие гидроагроландшафт в реалиях: миссия и тренды развития // Международный научный журнал. 2016. № 6. С. 48–53.

УДК 574.21

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА КАК ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ Р. ТУРЫ

Мухутдинов В.Ф., Павлюк Т.Е., Третьякова А.Н.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
muhutdinov1@rambler.ru

Ключевые слова: речные экосистемы, бассейн реки, водосбор, фитопланктон, фитоперифитон, концентрация хлорофилла *a*, экспресс-метод, биогенная нагрузка, антропогенное эвтрофирование, трофическое состояние, качество воды.

Комплексное исследование р. Туры и ее притоков сопровождалось гидробиологической оценкой экологического состояния водотоков, которое проводилось на основе экспресс-измерений концентрации хлорофилла а флуоресцентным методом, с использованием погружного флуориметра (Fluoroprob, bbe Moldaenke). Прибор одновременно позволяет получить информацию о систематическом составе водорослей, концентрации хлорофилла а каждого из 4 отделов (зеленых, синезеленых, диатомовых и криптофитовых), о суммарном содержании хлорофилла а, численности клеток водорослей, о глубине и температуре воды в точке измерений. В межень 2016 г. содержание зеленого пигмента измеряли на всем протяжении реки только в фитопланктоне, а в межень 2017 г. – в фитопланктоне и фитоперифитоне, но только в верхней трети реки. Для оценки трофического статуса и качества воды водотоков была использована шестибалльная шкала, разработанная в Институте водных и экологических проблем ДВО РАН С.Е. Сиротским. Результаты измерений наглядно указали на проблемные участки р. Туры, что впоследствии было подтверждено гидрохимическими данными. Более объективная оценка трофического статуса и качества воды получена по результатам измерения концентрации хлорофилла в фитопланктоне. Оценка, полученная по результатам измерения хлорофилла в фитоперифитоне, по мнению авторов, была менее объективной, очевидно, в результате каких-либо методических ошибок, либо специфики региона, на основе данных которого была выполнена. Метод оценки экологического состояния водных объектов погружным флуориметром – нагляден, информативен и может успешно использоваться.

THE CHLOROPHYLLE CONCENTRATION MEASUREMENT AS AN EXPRESS-METHOD OF THE TURA RIVER ECOLOGICAL STATUS ASSESSMENT

Mukhutdinov V.F., Pavluk T.Y., Tretyakova A.N.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection,
Ekaterinburg, Russia
muhutdinov1@rambler.ru

Key words: river ecosystems, river basin, catchment, phytoplankton, phytoperiphyton, *a* chlorophyll concentration, express-method, biogenic load, anthropogenic euthrophication, trophic status, water quality.

Comprehensive studying of the Tura river and its tributaries was accompanied by hydro/biological assessment of the watercourses ecological status based on express-measurement of a chlorophyll concentration with a fluorescent method with Fluoroprob, bbe Moldaenke submerged fluorometer. The results of measurement obviously indicated the Tura River problem reaches; this was afterwards reaffirmed by hydro/chemical data. We received more objective estimation of the trophic status and water quality according to measurements of chlorophyll concentration in phytoplanktone. Estimationobtained according to the measurements of chlorophyll concentration in phytoplanktone was les reliable. According to the authors, obviously, as a result of either some methodical errors or the region's specific features. The method of water bodies' ecological status assessment with the submerged fluorometer seems to be illustrative and informative, it can be successfully applied.

Пигментные характеристики водорослей имеют важное значение для изучения альгоценозов и оценки качества воды не только в лимнических экосистемах, но также и в реках [1, 2]. Хлорофилл *a* – важнейший зеленый пигмент растений, благодаря которому идет процесс фотосинтеза. Содержание хлорофилла *a* служит эколого-физиологической характеристикой водорослей, отражающей степень их развития и продукционные возможности, а также трофическое состояние водоемов и водотоков [1, 3]. Содержание хлорофилла положено в основу шкал, разработанных для оценки трофического статуса водных объектов и качества воды [3–9]. Определение хлорофилла включено в систему мониторинговых наблюдений на водных объектах.

В данной работе для экологической оценки экосистемы р. Туры и притоков был применен флуоресцентный экспресс-метод измерения концентрации хлорофилла *a* в фитопланктоне и фитоперифитоне. Фитопланктон – совокупность низших водорослей, обитающих в толще воды и ведущих планктонный образ жизни, а фитоперифитон – водоросли обрастаний в составе прикрепленных сообществ на твердом стабильном субстрате вне специфического придонного слоя воды [10, 11]. По своему составу и развитию фитоперифитон отвечает средним условиям, в которых существовало сообщество до момента исследования [12]. Изучение фитоперифитона представляет интерес не только во флористических и экологических аспектах, но может иметь и прикладной характер при оценке качества поверхностных вод. Оба эти звена водного биоценоза фитопланктон и фитоперифитон являются важнейшими агентами самоочищения и чутко реагируют на биогенные загрязнения.

Объектом исследования является река Тура, которая на большем своем протяжении протекает по территории Западно-Сибирской низменности, берет начало среди горных структур Среднего Урала. Река Тура является левым притоком р. Тобол и относится к гидрографической сети Обского бассейна. Пробег реки Туры по территории Свердловской области составляет 70 %, по Тюменской – 30 %, впадает в р. Тобол в 256 км от устья (рис. 1). Общая длина реки Тура – 1030 км, площадь водосбора – 80,4 тыс. км^2. Общее падение на этом расстоянии – 477,5 м. Речная сеть бассейна хорошо развита, густота речной сети 0,14 км/км^2. Наиболее крупными притоками первого порядка являются: р. Выя, р. Салда, р. Тагил, р. Ница, р. Пышма. К крупным притокам второго порядка относятся: р. Нейва, р. Реж, р. Ирбит, р. Салда, р. Рефт.



Рис. 1. Схема бассейна р. Туры и станции отбора гидробиологических и химических проб.

Бассейн реки отличается ассиметричным строением. По характеру рельефа бассейн представляет всхолмленную равнину с отметками преимущественно 60 – 160 м абс.

Западная и юго-западная части бассейна наиболее промышленно развиты благодаря месторождениям полезных ископаемых, особенно руд черных и цветных металлов. Это определило развитие ведущих отраслей промышленности в Свердловской области: горнодобывающей и металлургической. В этой части бассейна находятся техногенные геохимические зоны комплексного загрязнения окружающей среды с постоянным превышением ПДК вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды и почвы.

В северо-восточной части бассейна развито лесопромышленное производство, а в юго-восточной – сельскохозяйственное. На территории южных районов Тюменской области ведется добыча кирпично-керамзитовых глин, строительных и стекольных песков, песчано-гравийных материалов (бассейн р. Пышмы).

Материал и методы работы. Данные по концентрации хлорофилла *a* водорослей получали флуоресцентным методом с помощью погружного флуориметра (Fluoroprob) немецкой фирмы Moldaenke bbe (рис. 2), при проведении полевых исследований на р. Тура и ее притоках в период летней межени в 2016 и 2017 гг.

В 2016 г. измерение концентрации хлорофилла *a in situ* проводили только в фитопланктоне, но на всем протяжении р. Туры и крупных притоках, всего на 17 станциях (рис. 1), а в 2017 г. содержание зеленого пигмента измеряли в фитопланктоне – *in situ* (на 11 станциях) и в фитообрастаниях – *in vitro* (на 9 станциях), но лишь в верхнем течении (1/3 реки) – от истока до створа у п. Санкино.

Погружной флуориметр (флюорозонд) позволяет получить концентрацию хлорофилла *a* четырех, наиболее распространенных отделов водорослей: зеленых, синезеленых, диатомовых и криптофитовых.



Рис. 2. Измерение содержания хлорофилла погружным флуориметром в верховье р.Туры.

На одно измерение концентрации хлорофилла в фитопланктоне реки затрачивается от 3 до 5 мин., тогда как для получения данных одного измерения классическим методом требуется не менее 2–3 дней.

Методика измерения хлорофилла *a* в фитопланктоне реки. В водотоках измерения производили чаще при заходе вброд до определенной глубины, где прибор медленно опускали до дна. В режиме реального времени с интервалом 5 сек. происходило измерение флуоресценции водорослевых пигментов на длине волны ~680 нм при возбуждении светом с длинами волн 470, 525, 570, 590 и 610 нм. В ходе зондирования получали результаты вертикального распределения хлорофилла *a*. Программное обеспечение прибора позволяет фиксировать глубину и температуру воды и получать суммарное содержание хл «а» у

крупных таксонов водорослей, объединенных единым набором фотосинтетических пигментов: зеленые + эвгленовые, синезеленые, диатомовые + динофитовые, криптофитовые. При этом определяется содержание указанного пигмента водорослей и количество клеток каждого из отделов в мкг/л и экз./мл соответственно. Данные измерений могут быть отображены в режиме реального времени на ПК флуорозонда или сохранены в его памяти для дальнейшего анализа. Все данные, полученные в результате измерений, отображаются в цифровом или графическом виде. Для каждой точки за результат измерений принимали среднее значение показателя концентрации хлорофилла *a* в столбе воды.

Методика сбора проб фитоперифитона для определения хлорофилла «а» и их обработка. В водотоке пробу фитообрастаний для измерения хлорофилла брали, как описано в общепринятой методике [13], с камней, поднятых со дна. Глубины могут варьировать от 30 до 50 см. Для статистики на створе берется 2–3 пробы. С поверхности камня суспензию счищали с помощью зубной щетки в кювету, затем сливали в небольшую пластиковую емкость (до 100 мл), немного увлажняли (+5–10 мл воды). Проба реагентами не фиксировалась. В тот же день в стационарных условиях производили измерение с помощью того же флуориметра, переоснащенного для работы в лабораторных условиях. Пробу доводили до объема 50 мл, приливая дистиллированную воду. Перед измерением пробу хорошо перемешивали, если присутствовала грязь и песок, то от них освобождались, сливая жидкую фракцию. Суспензию пробы заливали в кварцевую кювету до метки (25 мл) и производили флуориметрирование. Результаты измерений сохранялись в памяти ПК прибора. Последующая обработка такая же, как и для фитопланктона. При необходимости, всю пробу обрастаний после измерений пигмента фиксировали 40 % формалином и сохраняли для последующего микроскопирования. Расчеты производили в стационаре, с учетом площади субстрата и того объема пробы, до которого доводили разбавление. Все данные приводили к единым (общеизвестным) единицам измерения (мг/м^2). Формула расчетов выглядит следующим образом:

$$Схл\ (мг/м^2) = ((Хл_0\ 1мкг/л :1000) * 50\ мг) / S\ см^2 * 10000;$$

где $Хл_0$ – измерение, полученное на приборе, в пересчете на 1 мл,
– умножение на 50 дает величину Хл в 50 мл пробы,
– расчет на 1 см^2 площади пробы,
– (*10000) пересчет полученного результата на мг/м^2

Упрощенно формулу можно записать так:

$$Схл\ (мг/м^2) = ((Хл\ мкг/л / 20)/S\ см2))*10000$$

Получение данных по концентрации хлорофилла фитоперифитона состоит из целого ряда рутинных манипуляций и занимает значительно больше времени, в отличие от фитопланктонного. Для оценки трофического статуса и качества воды водотоков была использована шестибалльная шкала, разработанная в Институте водных и экологических проблем ДВО РАН, Сиротским С.Е. [1]. Следует иметь ввиду, что водотоки имеют отличие от водоемов, поэтому, некоторые закономерности, обнаруженные в реках, могут не совпадать или иметь отклонения.

Результаты измерений и обсуждения. Полученные данные о концентрации хлорофилла *a* в фитопланктоне в межень 2016 г. представлены в графическом виде на рис. 2, где отображается пространственное (линейное) распределение показателя в р. Туре и притоках. Цветовая гамма отображает принадлежность хлорофиллов *a* разным систематическим отделам водорослей, а общая площадь областей диаграммы в каждом соответствующем створе отображает суммарную величину концентрации хлорофилла *a.*

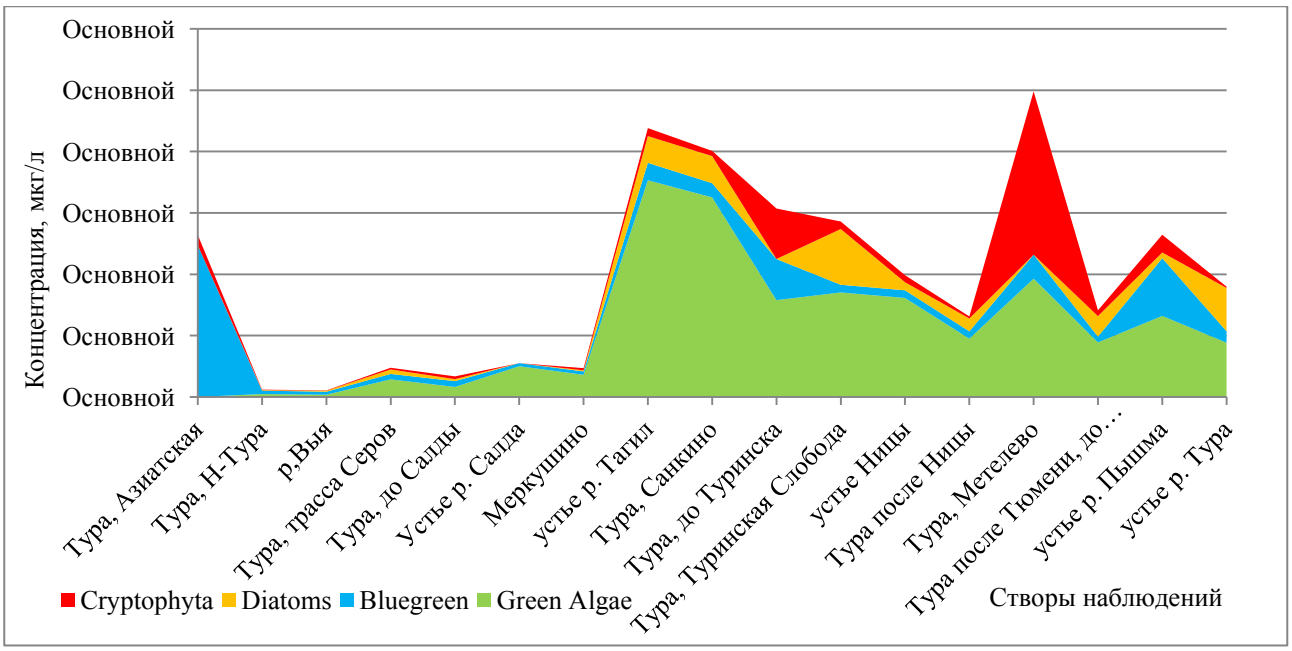


Рис. 2. Линейная схема распределения хлорофилла *a* в фитопланктоне р. Туры в летнюю межень 2016 г.

Из рис. 2 следует, что распределение хлорофилла по длине реки имело неравномерный характер: подъемы концентрации хлорофилла проявились в самом верховье, затем – на пересечении реки с автодорогой на г.Серов, в устье р. Салда, устье р. Тагил, в районе водозабора г. Тюмени, в устье р. Пышмы. Основываясь на полученных данных, можем предположить о воздействии на указанные участки эвтрофирования, что и было позднее подтверждено результатами гидрохимических анализов.

Кратко прокомментируем результаты измерений. У истоков р. Туры в суммарном хлорофилле *a* доля хлорофилла *a* синезеленых водорослей – наибольшая, следовательно, представители этого отдела в створе доминировали. Подобная концентрация Хл свидетельствует о высокой обеспеченности водорослей биогенными веществами. Трофический статус, по шкале [1], для этого створа соответствует «сильно эвтрофному», с IV классом качества воды (табл. 1).

Табл. 1. Трофический статус и классы качества воды по хлорофиллу фитопланктона на исследованных створах в 2016 г. (по С.Е. Сиротскому (2005).

Станции	Трофический статус, класс качества
	2016 г.
1. р. Тура, ст. Азиатская	Сильно эвтрофный, IV
2. р. Тура, Н-Тура	Олиготрофный, I
3. р. Выя	Олиготрофный, I
4. р. Тура, трасса Серов	Мезотрофный, II
5. р. Тура, до р. Салды	Мезотрофный, II
6. устье р. Салда	Мезотрофный, II
7. р. Тура, с. Меркушино	Мезотрофный, II
8. устье р. Тагил	Политрофный, V
9. р. Тура, п. Санкино	Политрофный, V
10. р. Тура, до г. Туринска	Сильно эвтрофный, IV
11. р. Тура, Тур. Слобода	Сильно эвтрофный, IV
12. устье р. Ницы	Сильно эвтрофный, IV
13. р. Тура после Ницы	Слабо эвтрофный, IV
14. р. Тура, п. Метелево	Политрофный, V
15. р. Тура до р. Пышма	Слабо эвтрофный, III
16. устье р. Пышма	Сильно эвтрофный, IV
17. устье р. Тура	Сильно эвтрофный, IV

Как выяснилось позднее, выше по течению от точки отбора проб, в реку впадает ручей из пруда небольшого населенного пункта. Из чего следует, что выбор данного створа, как фонового, был ошибочным. Позднее фоновый створ был перенесен на несколько километров выше, ближе к истоку.

От ст. Нижняя Тура до ст. Выя наблюдалось минимальное содержание хлорофилла, что, по нашему мнению, не говорит о высоком качестве воды и отсутствии биогенных веществ. Во–первых, в створе «Нижняя Тура» измерение проводилось ниже плотины, через которую осуществлялся донный водовыпуск, в воде которого фитопланктона по определению минимально. Во-вторых, на станциях наблюдалась относительно высокая скорость течения, препятствующая благоприятному развитию водорослей. В-третьих, сравнение концентрации общего фосфора и минерального азота на станциях 2 и 3 со станцией 1 указало на их превышение – в 6 и в 2,6 раза и, – в 1,1 и 4,1 раза, соответственно. Трофический статус и качество воды на данном участке, согласно [1], определяются, как олиготрофный с I классом качества. По нашему мнению, на этом участке биологические маркеры занижают трофический статус и завышают класс качества воды.

Ситуацию от ст. 4 – «р. Тура–Серовский тракт» до ст. 7 – «р. Тура–с. Меркушино» можно характеризовать, как вполне благополучная. На этом отрезке реки господствовали представители водорослей из отдела зеленых. Концентрация хлорофилла варьировала от 1,0 до 5,0 мкг/л и соответствовала низкому уровню развития фитопланктона. Трофический статус вод соответствовал олиготрофно-мезотрофному уровню [1], а качество вод колебалось между I и II классами.

В устье р. Тагил наблюдался резкий подъем концентрации хлорофилла, состоявшего, в основном, из хлорофилла зеленых водорослей, что свидетельствовало об их массовом развитии, соответствовавшем «цветению» (Хл > 25 мкг/л) [14]. Высокая продуктивность фитопланктона (2 место из всех исследованных станций туринского бассейна) хорошо обеспечивалась биогенными веществами, поступающими в воды из населенных пунктов и сельхозугодий. Трофический статус вод характеризовался как политрофные, а качество воды соответствовало V классу.

Ниже створа впадения р. Тагил до п. Санкино высокие концентрации хлорофилла в р. Тура обусловлены поступлением тагильских вод, обогащенных фитопланктоном и биогенными веществами. Водорослевый состав в основном был представлен видами из отдела зеленых. От п. Санкино до г. Туринска, по мере удаления от источников поступления биогенных веществ, концентрации Хл постепенно снижались, но продолжали оставаться на высоком уровне. В створе г. Туринска, при доминировании водорослей из отдела зеленых, в суммарном количестве Хл *a* заметную роль уже занимал хлорофилл *a* водорослей из отдела синезеленых и криптофитовых. Характеристика трофического статуса и качества вод оставалась сходной с таковой предыдущего створа.

Далее, по течению р. Туры от г. Туринска к Слободе Туринской и створу – «ниже впадения Ницы» ситуация постепенно нормализуется: трофический статус снижается от политрофного до слабо эвтрофного, а качество воды повышается с V до IV класса.

На р. Тура в створе «Метелево» обнаружен следующий резкий скачок концентрации Хл, который превзошел тагильский и был обусловлен массовым развитием криптофитовых и зеленых водорослей, а доля водорослей других отделов – незначительна. Суммарная концентрация Хл *a* соответствовала «цветению» среднего уровня. Трофический статус соответствовал политрофному, а качество воды – V классу.

На створе реки Туры «ниже г. Тюмени» обстановка улучшалась и соответствовала слабо эвтрофному трофическому статусу, с III классом качества воды.

В устье р. Пышмы наблюдалось новое обострение ситуации, обусловленное массовым развитием зеленых и синезеленых водорослей до уровня слабого «цветения». Трофическиий статус поднялся до «сильно эвтрофного», а качество воды снизилось до IV класса.

В водах устья р. Туры основная доля зеленого пигмента была представлена Хл *a* зеленых и диатомовых водорослей. Трофический статус и класс качества воды соответствовал показателям предыдущего створа.

Динамика пространственного распределения концентрации Хл *a* фитопланктона в летнюю межень 2017 г. на створах р. Туры и притоках представлена на рисунке 3.

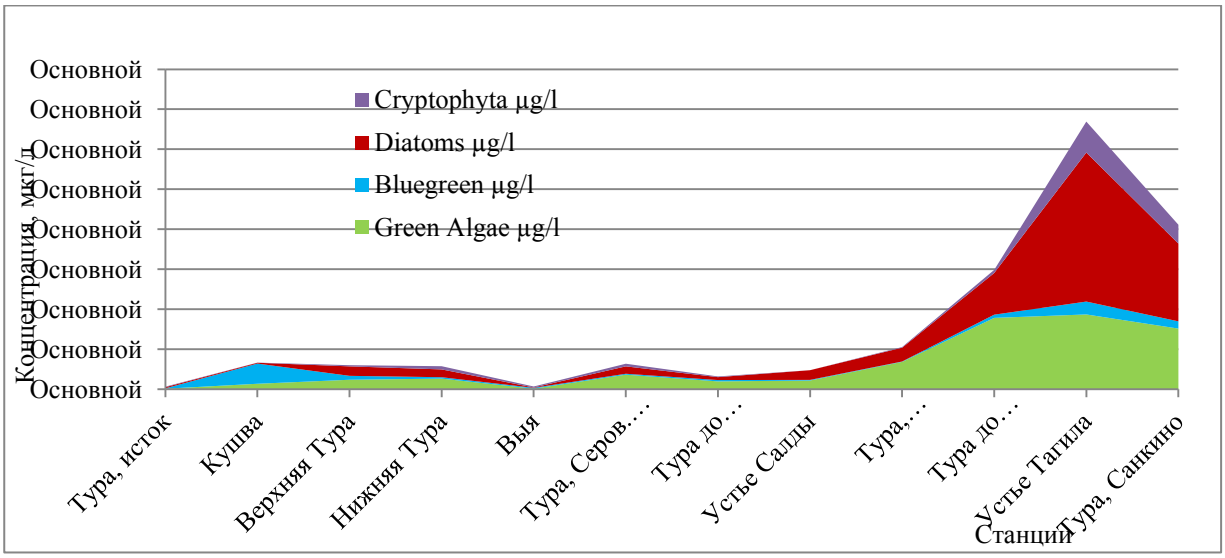


Рис. 3. Линейная схема распределения хлорофилла *a* в фитопланктоне р. Туры и притоках в летнюю межень 2017 г.

По сравнению с данными предыдущего года, концентрации Хл повсеместно возросли от 1,3 до 9,6 раза. На ряде станций отмечен рост доли Хл *a* диатомовых и криптофитовых водорослей, преобладание Хл *a* зеленых, как это наблюдалось на отдельных станциях предыдущего года, отошло на второй план, доля Хл синезеленых, вследствие увеличения концентрации меди, также снизилась.

Сравнительный анализ гидрохимических данных 2016 и 2017 гг. подтвердил тенденцию роста эвтрофирования: содержание многих аналитов на каждой из станций возросло кратно, незначительное число показало снижение, единичные – остались без изменений (табл. 2).

Табл. 2. Межгодовое отличие (кратность) химических концентраций и свойств воды р. Туры и притоков (2016–2017 гг.)

Аналит	ст. Азиатская	Н.-Тура	р. Выя	дорога на г. Серов	До р. Салда	р. Салда	с. Мерку-шино	До р. Тагил	р. Тагил	п.Сан-кино
Аммоний-ион	1,4*	0,5**	2,9	1,2	1,6	2,0	1,5	1,8	1,0***	1,1
$БПК_5$	0,8	0,5	0,7	0,5	0,2	0,5	0,3	1,1	0,8	1,4
Взв.в-ва	4,9	3,5	3,0	5,8	3,9	5,8	5,2	11,1	2,1	3,3
Железо	0,9	1,2	2,1	2,1	3,7	6,2	1,0	2,6	1,3	2,6
Марганец	0,4	0,1	4,3	0,8	1,0	2,0	0,2	0,5	0,6	0,5
Медь	0,2	0,6	1,3	1,4	3,8	6,5	4,7	2,5	4,6	5,6
Нитрат-ион	1,0	2,0	0,2	0,6	2,8	4,5	2,8	2,9	2,3	3,8
Нитрит-ион	1,0	0,3	0,2	0,3	1,0	1,0	1,4	1,0	0,8	1,0
Фосфат-ион	2,3	1,1	1,9	1,5	2,6	59,0	2,7	1,8	0,8	1,5
Фосфор общий	1,9	0,3	1,7	1,3	1,7	20,0	1,0	1,2	0,4	0,7
ХПК	1,1	1,2	2,7	1,6	1,5	2,2	2,3	2,3	1,5	2,0
Цинк	0,7	1,3	1,8	0,2	0,7	5,8	3,1	1,6	0,5	0,8
Электро-проводность	1,3	1,4	0,5	1,3	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2
Превышение темпер. °С	7,2	7,1	5,2	4,5	5,7	6,9	5,9	7,1	6,9	7,3

Примечание: *– увеличение (разы), **– снижение, ***– без изменений

Интенсивной вегетации водорослей в 2017 г. способствовали и метеоусловия: стояла антициклональная погода, временами жаркая и без осадков, а в 2016 г. в тот же самый период августа погода дождливая и прохладная. Температурное различие воды было также существенным. Следовательно, показатели высокой продуктивности водорослей в бассейне р. Туры в 2017 г. обусловлены увеличением количества биогенных веществ в сочетании с благоприятными метеоусловиями.

В соответствии с изложенным, на некоторых станциях произошли изменения трофического статуса и классов качества воды: к таким следует отнести участки р.Туры в районе с. Меркушино и перед слиянием с р. Тагил (см. таблица 1, 3).

Табл. 3. Трофический статус и классы качества воды по фитопланктону на исследованных створах по годам, по С.Е. Сиротскому (2005).

Станции	Трофический статус, класс качества
	2017 г.
1. р. Тура, ст. Азиатская	Олиготрофное, I
2. р. Кушва	Слабо эвтрофное, III
3. р.Тура, Н-Тура	Слабо эвтрофное, III
4. р. Выя	Олиготрофное, I
5. р.Тура, трасса Серов	Слабо эвтрофое, III
6. р.Тура, до р.Салды	Мезотрофное, II
7. устье р. Салда	Мезотрофное, II
8. р.Тура, с.Меркушино	Сильно эвтрофное, IV
9. р.Тура до впад. р.Тагил	Сильно эвтрофное, IV
10. устье р. Тагил	Политрофное, V
11. р.Тура, п.Санкино	Политрофное, V

В целом, контуры кривых распределения концентрации Хл *a* в фитопланктоне вдоль течения р. Туры, от истока до станции п. Санкино, были очень похожи по годам, за исключением амплитуды их колебаний.

Хлорофилл *a* в водорослях обрастаний. На основе характеристики Хл отмечено различие водорослевого состава обрастаний на каждой из станций. Наибольшая доля в содержании Хл *a* на первых 5 станциях, от истока до устья р. Салда получена от синезеленых водорослей; на створе с. Меркушино – от диатомовых; на створе перед впадением р. Тагил – от зеленых, в устье р. Тагил и в створе п. Санкино – вновь, от диатомовых. Очевидно, водорослевый состав формируется в зависимости от особенностей химического состава воды и специфичности загрязнений.

Пространственное распределение Хл по длине исследованного участка р. Туры было не однородным (рис. 4): наибольшие концентрации измерены на притоках: рр. Кушва, Выя, Салда и Тагил; на самой р. Туре выделялся лишь створ при пересечении с автодорогой на г. Серов. Все участки перечисленных рек подвержены антропогенному и техногенному загрязнениям от промышленных предприятий гг. Кушвы, Лесного, Качканара, Красноуральска, Нижнего Тагила, горных разработок, ЖКХ населенных пунктов. Оставшиеся створы р. Туры (исток, с. Меркушино, до слияния с р. Тагил, п. Санкино), согласно шкале [1], были вполне благополучны и соответствовали фоновой ситуации, а классы качества воды в зоне «олиготрофии» (<15 мг/м^2) соответствовали I классу, в зоне «мезотрофии» (>15 мг/м^2) – II классу.

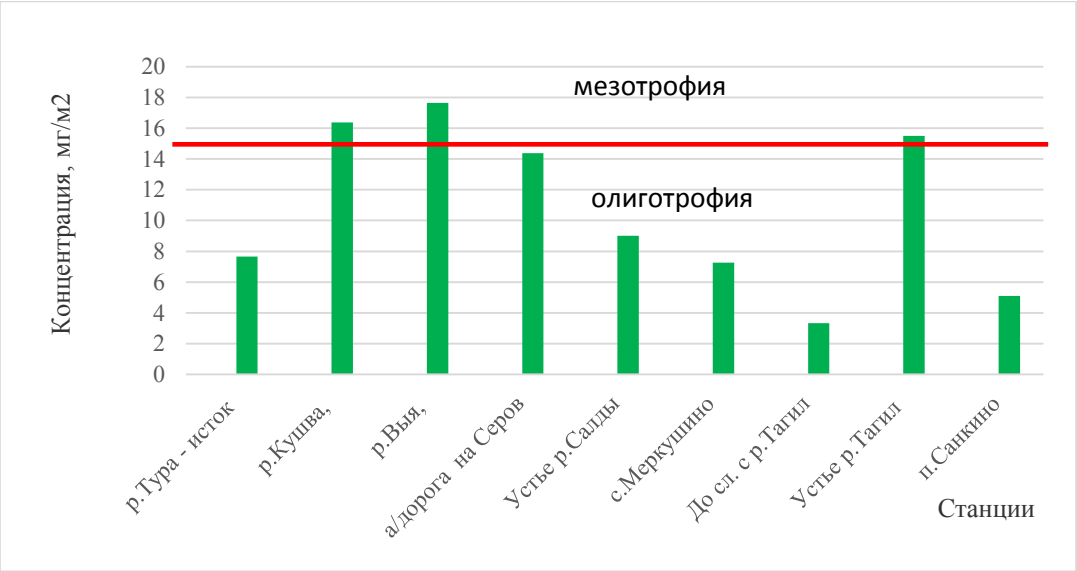


Рис. 4. Плотность распределения хлорофилла *a* в водорослях обрастаний каменных субстратов в р. Туре и притоках, в летнюю межень 2017 г.

Оценка ряда гидрохимических показателей с перечисленных участков реки Туры и притоков указывает на то, что они испытывают достаточно сильную антропогенную нагрузку и называть их трофический статус мезотрофным, а качество вод оценивать II классом, не совсем правильно. Очевидно, нами были допущены какие-то методические ошибки при отборе проб, либо при рассчетах. В данном случае оценка трофического статуса и класса качества вод отдельных участков р. Туры и притоков более объективно оценивалась по хлорофиллу фитопланктона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для экологической оценки рек и их водосборов применение гидробиологических методов исследования, таких как, экспресс-измерение концентрации хлорофилла *a,* позволяет на месте определить трофический статус и класс качества водотока, тогда как гидрохимический метод дает возможность получить информацию только после доставки проб в лабораторию и их продолжительной обработки. Несмотря на то, что вышеуказанный метод является сопровождающим, имеет важное значение, т.к. обогащает объем информации, на основе которой делаются более объективные выводы.

Привлекательным моментом в данной работе является использование погружного флуориметра для ускоренного получения информации о систематической структуре вододорослей, их количестве и концентрации Хл суммарной и по отделам.

Концентрация хлорофилла фитопланктона на линейной схеме р. Туры наглядно указывает на эвтрофированность ее отдельных участков. Межгодовое сравнение данных свидетельствует о более высокой продуктивности водорослей, связанной с ростом антропогенного воздействия при сочетании с метеоусловиями в 2017 году.

Оценки трофического статуса и качества воды на исследованных створах по хлорофиллу фитопланктона и фитообрастаний существенно отличались. Вероятно, из-за того, что могли быть допущены ошибки при отборе проб. В дальнейшем, по нашему мнению, необходимо учитывать спицифику биотопов и более тщательно производить отбор проб. Одним из подходов для совершенствования измерений Хл в фитоперифитоне возможен вариант использования искусственных субстратов в виде предметных стекол. Безусловно, в таком случае получение данных по концентрации Хл в фитоперифитоне превратится в рутинную работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сиротский С.Е.* Трофический статус водотоков бассейна рек Бурея, Зея, Бурейского и Зейского водохранилищ // Научные основы экологического мониторинга водохранилищ. Дружининские чтения. Вып. 2. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2005. С. 95–99.
2. *Котовщиков А.В.* Пигментные характеристики альгоценозов речной системы Оби: автореф. дис. … канд. биол. наук. Барнаул, 2012. 24 с.
3. *Винберг Г. Г.* Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во Университетское, 1960. 329 с.
4. *Бульон В. В.* Первичная продукция планктона и типология озер Монголии // Водные ресурсы. 1985. Т. 1. С. 170–175.
5. *Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г.* Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29. № 4. С. 62–76.
6. *Трифонова И. С.* Оценка трофического статуса водоемов по содержанию хлорофилла а в планктоне // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. С. 158–166.
7. *Carlson R. E.* A trophic state index for lakes // Limnol. Oceanogr. 1977. Vol. 22. № 2. P. 361–369.
8. *Vollenweider R. A.* Das Nährstoffbelastungsconzept als Grundlage fur den eutrophierungs-prozess stehender Gewässer und Talsperren // Zeitschrift fur Wasser und Abwasser Forschung. 1979. Bd. 12. № 2. S. 46–56.
9. OECD. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Paris, 1982. 155 p.
10. *Дуплаков С.Н.* Материалы к изучению перифитона. // Труды лимнологической станции в Косине, вып.16, 1933. С. 5–160.
11. *Протасов А.А.* Перифитон: терминология и основные определения. // Гидробиологический журнал. 1982. Т. 18. № 1. С. 9–13.
12. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.
13. *Вассар С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П.* и др. Водоросли: справочник. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
14. *Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я.* Цветение воды и эвтрофирование. Киев: Наукова думка, 1978. 232 с.

УДК 574.6

БЛАГОУСТРОЙСТВО МАЛЫХ ОЗЕР: ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ

Набеева Э.Г., Мингазова Н.М., Шигапов И.С., Мингалиев Р.Р., Назаров Н.Г., Зарипова Н.Р., Павлова Р.Р., Кошман М.А.
Казанский федеральный университет, Казань, Россия
levira_nn@mail.ru

Ключевые слова: экологическая реабилитация, малые озера, восстановление, проектирование, гидрологический режим, благоустройство, мониторинг.

В статье проанализирован опыт осуществления мероприятий по благоустройству и экологической реставрации малых озер на примере малых озер города Казани, Республики Татарстан. Выделены положительные и отрицательные последствия реализованных мероприятий.

IMPROVEMENT OF SMALL LAKES: EXPERIENCE OF THE PROJECTS' IMPLEMENTATION

Nabeeva E.G., Mingazova N.M., Shigapov I.S., Mingaliev R.R., Nazarov N.G., Zaripova N.R., Pavlova R.R., Koshman M.A., Galiullin R .R.
Kazan Federal University, Kazan, Russia.

Key words: ecological rehabilitation, small lakes, restoration, designing, hydrological regime, improvement. Monitoring

The article analyzes the experience of improving and ecological restoration of small lakes on the example of small lakes of the city of Kazan, the Republic of Tatarstan and Lake Skurcha, the Republic of Abkhazia. Positive and negative consequences of the implemented measures are highlighted.

Озера, рассмотренные в данной работе, расположены в г. Казани. Все они в той или иной мере трансформированы человеком, но, в то же время являются ценными природными и рекреационными объектами. Коллективом авторов исследовались: географическое положение, гидрологические характеристики, гидробиологические и гидрохимические показатели, проводился анализ донных отложений и растительности озер. После изучения экологического состояния водного объекта составлялся проект экологической реабилитации водного объекта, учитывающий особенности водного объекта: наличие редких видов и природная ценность объекта, условия водопользования, качество воды. После реализации проекта проводилось повторное изучение экологического состояния для определения эффективности и достаточности мероприятий.

Озеро Харовое, г. Казань. Озеро Харовое расположено центральной части г. Казани, в юго-восточной части Кировского района между улицами Яруллина и Вахитова. По результатам инвентаризации водных объектов г. Казани озеру был присвоен инвентаризационный номер 37 / 3 – ВО для Кировского района г. Казани. Имеется экологический паспорт водного объекта, озеро включено в реестр водных объектов г. Казани Кировского района.

Озеро Харовое относится к типу малых озер, образованных под напором грунтовых вод в естественных понижениях и котлованах торфо- и пескоразработок на месте прежнего обширного болота в пойме р. Казанки. По результатам батиметрических исследований в 2007 г. площадь водного зеркала составляла 4973,2 м^2, длина – 100,2 м, ширина – 67,5 м, средняя глубина – 1,89 м, максимальная глубина – 3,11 м.

Озеро бессточное и не используется в качестве источника воды. Наблюдается уровенный режим, типичный для небольших озер средней полосы Европейской части России. Относится к озерам со смешанным питанием, с преобладанием в приходной части водного баланса грунтовых вод. В данном районе отмечается наиболее близкое залегание

грунтовых вод. Вода озера характеризуется сульфатно–натриево–кальциевым типом, повышенной минерализацией, высокой жесткостью.

Озеро обладает уникальным для нашей зоны природно-обусловленным сульфатным типом воды и сложившейся экосистемой, которая включает в себя большое для городских экосистем видовое разнообразие как гидробионтов, так и сопряженной фауны и флоры.

Для озера характерно видовое разнообразие, в том числе обитание 2 редких видов, занесенных в Красные книги РТ и РФ. Так, в озере массово произрастает редкая харовая водоросль – *Хара обыкновенная Chara vulgaris* L. Em Wallroth, нетипичная для городских регионов нашей полосы. Лимитирующим фактором распространения водоросли является эвтрофикация водоемов. Для сохранения вида необходима защита водоема от загрязнения (Красная книга РТ, 2006).

Озеро и его прибрежная зона являются местообитанием краснобрюхой жерлянки *Bombina bombina* (вид включен в Красную книгу РТ и в Красную книгу МСОП) и других видов амфибий.

Озеро массово привлекает водоплавающих птиц, служит местообитанием ондатры.

Озеро долгое время используется в качестве источника воды для пожарных целей (рядом располагается здание УГПС МВД РТ и бетонная площадка для подъезда).

Проблемы и угрозы экосистеме озера:

- Территория водосбора озера подверглась застройке многоэтажными домами. Угроза застройки части озера.
- Строительство метро, откачка грунтовых вод метрополитеном со станции «Козья слобода».
- К 2013 г. для озера произошло сокращение площади с 1,1 га до 0,85 га в результате зарастания растительностью мелководий в северо-западной части.

Угроза засыпки озера инициировала создание проекта по благоустройству территории вокруг озера и улучшению качества воды озера. Идеей проекта стало создание экопарка, с сохранением существующей древесно-кустарниковой растительности, местообитаний редких видов растений и животных. Реализация идеи выражалась в применении следующих мероприятий: берегоукрепление и залужение берегов; создание дорожек из натуральных материалов (камень, гравий, газонная трава), создание смотровых площадок для наблюдения за птицами из натуральных материалов (деревянные настилы); высадка деревьев и кустарниковой растительности (клен Гиннала, ель, сирень, спирея, береза, ива). Для увеличения экологической ценности водно-болотного участка предлагалась высадка ирисового луга, посадка белых ив, спиреи, кизильника.

Реализация проекта включила в себя часть идей. Озеро было защищено от застройки прибрежной территории. Сооружены смотровые площадки и домик для птиц. Прибрежная естественная территория сократилась вследствие создания дорожек из брусчатки, создания детской и спортивной площадок с искусственным покрытием.

Негативным последствием использования водонепроницаемых покрытий для озера явились: дальнейшее обмеление и зарастание озера, снижение популяции хары обыкновенной. Уничтожение кустарниковой растительности для увеличения площади открытых пространств снизило количество мест обитания для птиц и околоводных млекопитающих.

Озеро в настоящее время используется в качестве объекта рекреации для жителей прилегающих многоэтажных домов. Экологическая ценность озера при этом снизилась.

Озеро Чишмяле. Озеро Чишмяле расположено в Советском районе г. Казани около его границы с Приволжским районом у перекрёстка улиц Фучика и Чишмяле у жилого многоэтажного дома 117. По результатам инвентаризации водных объектов г. Казани озеру присвоен инвентаризационный номер 28/7–ВО для Советского района г. Казани, разработан «Экологический паспорт водного объекта» (2007) и озеро включено в Реестр водных объектов г. Казани Советского района.

Малое мелководное озеро неправильной округлой формы, предположительно суффозионного происхождения, смешанного питания – атмосферного и подземного. Жители

указывали на наличие родникового питания, косвенным признаком подземного питания была повышенная минерализация озера.

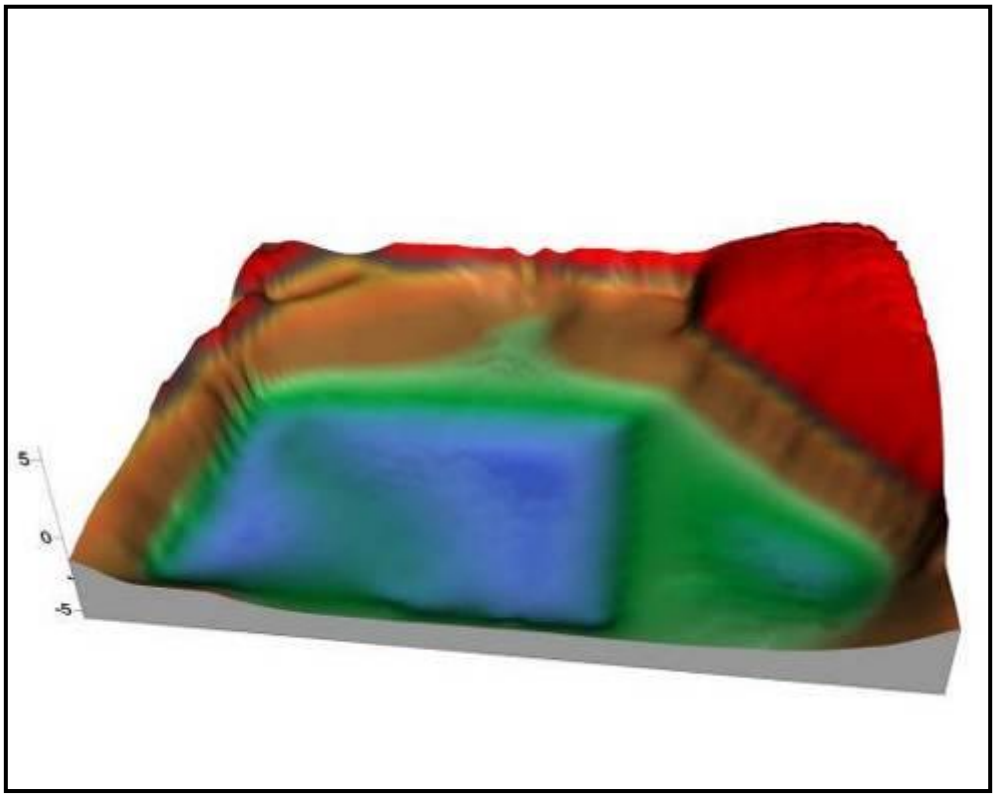


Рис. 1. Модель исследуемого участка (вид с восточной стороны)–исследования КФУ на 25.05.2015 г.

В 2009–2011 гг. озеро было полностью засыпано с целью строительства на данном участке автозаправочной станции (с откачкой воды, изъятием илов, растительности, засыпкой и утрамбовкой дна). В результате был образован строительный котлован с утрамбованной глиняной поверхностью. С 2012–2013 г., после устранения по предписанию судов строений, в образовавшемся котловане стала скапливаться атмосферная талая вода и поверхностный сток, с постепенным формированием на данном месте нового водоема с изменившимися гидрологическими характеристиками (табл.1).

Табл. 1. Морфометрические параметры водоема по ул. Чишмяле за 2007 г. (Экологический паспорт 2007 и 2015 гг.

Параметры	**2007 г.**	**2015 г.**
Площадь	0,09 га	872,0 м^2 (0,09 га)
Объем водной массы	н/д	201,3 м^3
Длина	35 м	37,7 м
Максимальная ширина	30 м	25,7 м
Средняя ширина	25,7 м	23,1 м
Длина береговой линии	н/д	121,2 м
Глубина макс./ср.	н/д / 0,2 м	0,7 / 0,2 м

Выросла длина водоема, соответственно при неизменной площади сократились средняя и максимальная ширина. В настоящее время существующий на данном участке водоем (называемый озеро Чишмяле) с гидрологической точки зрения можно определить, как сильно трансформированный водораздельный водоем, сформированный в понижении рельефа на водоупорных глинистых горизонтах. Основным типом питания водоема является

атмосферное, уровень водного зеркала поддерживается за счет атмосферных осадков, дренирующихся с прилегающей территории в котловину водоема. Наибольший уровень водного зеркала наблюдается в весенний период снеготаяния, наименьший – в летний засушливый период. Территория водосбора сильно сокращена из-за застройки территории. Дно котловины покрыто слоем глины, фактически представляющий собой вариант экранирования глиной (так называемый «глиняный замок»).

При сравнении с результатами анализов 2007 г. очевидно снижение минерализации, жесткости и электропроводности воды, что свидетельствует об отсутствии грунтового питания и сформировавшегося типа воды.

Из сравнительного анализа по зообентосу выявлено, что озеро Чишмяле сильно различается в состоянии 2007 и 2015 гг. Состав видов и показатели в 2007 г. соответствовали уровню эвтрофного озера в относительно устойчивом состоянии, было встречено 2 редких вида, ранее в РТ не отмечаемых.

В 2015 г. в зообентосе озер обнаружено 4 вида, редких видов не выявлено, сообщество зообентоса в угнетенном состоянии, преобладают хищные виды. В зообентосе обнаружены почвенные виды, не характерные для илов (дождевые черви). Не обнаружено ни одного индикатора чистой воды.

По данным исследований растительности в 2007 г. зеркало воды было заросшим ряской малой, ряской трехдольной и многокоренником обыкновенным на 90 %, также были отмечены стрелолист обыкновенный и рдест гребенчатый. Всего зарастание прибрежной территории составляло 96 %, зеркала воды - 90 %, общее зарастание водоема – 83 % (+ 5 баллов).



Рис. 2. Генплан реконструкции и благоустройства.

В 2015 г. водная растительность еще не сформировалась. Вокруг водоема много оголенных участков, восстановление растительного покрова затруднено тяжелым суглинистым

грунтом. Тем не менее, заметен прогресс в самовосстановлении растительных сообществ. Формирующийся молодой водоем активно зарастает водной и водно-болотной растительностью. Побережье, в свою очередь, зарастает представителями разных групп растений – наземных (сеянцы тополя черного) и водных, лесных и сорных, типичных и заносных.

Идея проекта – воссоздание на прежнем месте исторически существовавшего озера, на базе формирующего (в 2012–2013 гг.) за счет атмосферного питания нового водоема, озера под историческим названием Чишмяле (родниковое), в границах сформированного после стройки котлована на месте прежнего водоема, с использованием его глиняного дна, с подачей воды для поднятия уровня воды озера на 0, 5 м, с формированием места подачи в виде родника на территории за пределами котловины и углублением и экранированием этого места подачи, соединением протоками с озером, а также с экологичным (зеленым) благоустройством прилегающей территории водосбора, формированием зеленой зоны и прогулочной террасы для рекреационных целей.

Восстановление озера планируется производить в границах сформированного после стройки котлована на месте прежнего и существующего водоема и с присоединением к нему протоками места нового котлована искусственного родника.

Существующий водоем уже имеет глиняное дно мощностью до 0, 5 м, оставшееся после строительного котлована. Для этой части планируется подача воды с поднятием уровня воды озера на 0, 5 м. Его характеристика (май 2015 г.): площадь – 872,0 м^2 (0,09 га), объем воды – 201,3 м^3, длина – 37,7 м, ширина макс. – 25,7 м, ширина средняя – 23,1 м, длина береговой линии – 121,2 м, глубина макс./ср. – 0,7 / 0,2 м. При подаче воды извне максимальная глубина озера увеличится до 1,2 м. Для исключения эрозии берегов необходимо провести берегоукрепление по периметру существующего озера, а также планируемых проток и котлована «родника».

Подача воды в озеро должна производиться не постоянно, но в летнее время «родник» должен циркулировать в водной системе с небольшим фонтаном на озере (для улучшения процессов аэрации).

Биотехнические мероприятия. Посадка красиво цветущих макрофитов. По завершению гидротехнических работ необходимо создание на озере биоплато из водных и водно-болотных растений, к дополнительно существующим, с изъятием менее ценной растительности (рис. 3).

Особая специфика в благоустройстве озера Чишмяле и прилегающей территории – возможность создания прогулочной террасы над озером.

Реконструкция озера тесно связана с сохранением и формированием территории водосбора, с экологичным (зеленым) благоустройством прилегающей территории водосбора, формированием зеленой зоны и прогулочной террасы (в связи с особенностями рельефа) для рекреационных целей.

Все работы следует проводить вручную или с использованием малой техники.

Для создания прогулочной террасы следует использовать только экологические материалы. При создании террас в последующем необходимо их вертикальное озеленение и посадка красиво цветущих кустарников.

Для укрепления склонов и создания прогулочной террасы необходимо укрепление габионами, высота габионов 1 м. Представляют собой жесткий каркас, заполненный камнями. Традиционно используются для укрепления плывущих и мягких склонов.

Все работы в силу малых размеров территории проводились с использованием экологичных материалов, в щадящем режиме, вручную или с использованием малой техники.

Результаты проведенных мероприятий: произошло воссоздание экосистемы озера; благоустроено побережья с созданием рекреационной зоны; произошло создание террасных склонов из водопроницаемых натуральных материалов (габионы); создался искусственный источник подпитки.

Негативные последствия: создание искусственных берегов для увеличения глубины озера; сохранилась необходимость частичного углубления озера.



Рис. 3. План биотехнических мероприятий

Озеро Марьино. Озеро Марьино расположено в Ново-Савиновском районе г.Казани в сквере между улицами Бондаренко, Короленко, Волгоградская. Озеро относится к типу малых, мелководных озер, расположенных в пойме реки Казанки. Озерная экосистема существовала на протяжении длительного периода, в настоящее время сильно трансформирована строительством. Засыпка южного залива озера проводилась в 2005 г. привела к эвтрофированию озера.

Экологические проблемы озера: засыпка части озера и застройка засыпанной территории; обмеление, зарастание, эвтрофирование озера; замусоривание прибрежной территории; отсутствие рекреационной инфраструктуры; заморы рыбы в зимний период.

Идея проекта экореабилитации озера: создание экопарка, с умеренной рекреацией, экологическое образование. Сохранение всех компонентов экосистемы. Сохранение береговой линии, мест обитаний, древесной растительности, применение натуральных материалов для благоустройства.

В 2013 г. началось проведение мероприятий по экореабилитации озера. Мероприятия включали в себя профилактические и восстановительные. Профилактические мероприятия, направленные на снижение биогенной нагрузки с территории водосбора, осуществленные здесь: берегоукрепление, залужение берегов, высадка древесной и кустарниковой растительности в прибрежной зоне, установка информационных стендов. Восстановительные мероприятия применялись для улучшения качества воды в озере: посадка биоплато из макрофитов, удаление погруженной водной растительности, аэрация с пмощью погружного аэратора.

Изучение озера проводилось в период с 2004 по 2018 гг. Анализировались гидрологические характеристики, гидрохимические, гидробиологические (зообентос, макрофиты). Длина водоема в 2004–2005 гг. составляла около 180 м, ширина от 50 м в западном конце до 100 м в восточном конце (с включением южного залива), рис. 4.

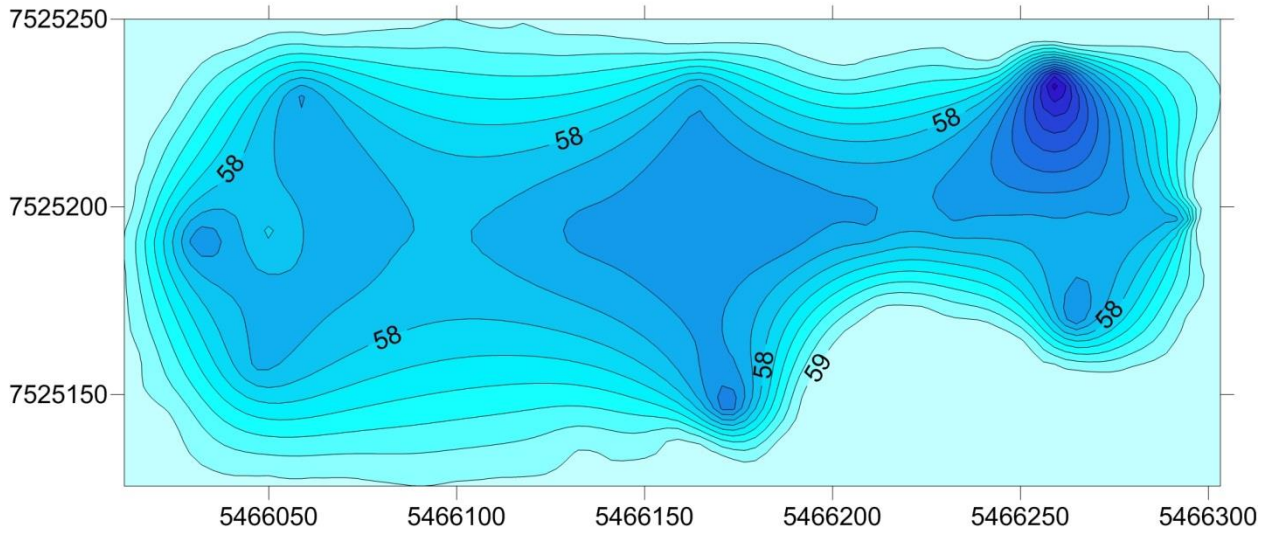


Рис. 4. Батиметрическая схема озера Марьино.

Общая площадь водоема составляла на май 2005 г. около 1,3 га, в 2018 г. – 0,8 га. На протяжении четырех этапов исследований (2005–2007–2012–2018 гг.) минеральный состав воды озера почти не менялся. Минерализация вод – «повышенная», воды – «умеренно жесткие». Качество воды стабильно, с улучшением в 2018 г. – вода озера оставалась слабо загрязненной; индекс загрязнения воды соответствовал III-му классу качества (умеренно загрязненная вода).

При исследовании флоры экопарка оз. Марьино в 2018 г. выявлено 80 видов, входящих в 31 семейство. Из них 36 видов относятся к водным растениям, а 38 видов – к околоводным растениям, которые расположены на береговой части, но близко к воде, 6 – относятся к древесным видам.

В составе зообентоса оз. Марьино выявлено 6 видов, из 6 групп. Количественные показатели зообентоса изменялись от 112,5 экз./м^2, биомасса – 0,81 г/м^2 в 2012 г. до 42 экз./м^2, и 0,82 г/м^2 в 2018 г. соответственно. Индекс Симпсона принимает значения 0,6–0,7, что показывает на большую выравненность и устойчивость сообщества по сравнению с 2012 г. Индекс Шеннона соответствует загрязненным водам, но выше таковых значений в 2012 г. При комплексной оценке с помощью 3 индексов можно сделать вывод о 3 классе качества вод, категории загрязненных.

При комплексной оценке состояния озера в 2018 г. можно сделать следующие выводы: увеличилось биоразнообразие растительного сообщества за счет высадки многолетних растений на клумбах; доминируют роголистник погруженный (5 баллов) и рдест блестящий. Эти растения занимают большую часть озера, вызывая зимой дефицит кислорода при отмирании и гниении.

Качество воды по гидробиологическим показателям также соответствует загрязненным водам, с тенденцией к улучшению после применения профилактических мероприятий (посадки биоплато, берегоукрепления).

Применение профилактических и восстановительных мероприятий снизило биогенную нагрузку на озеро и улучшило кислородный режим озера. Посадка биоплато увеличила биологическое разнообразие в озере засчет появления новых биотопов. Установка информационных стендов познакомило жителей с ценностью водоема. В целом на озере улучшилось качество вод по гидробиологическим показателям, укреплена береговая линия, произошло снижение вероятности эрозионных процессов, снижение количества загрязнений, поступающих с поверхностным стоком.

В настоящее время разрабатывается проект для следующего этапа экореабилитации водоема – частичного удаления донных отложений для снижения вторичного загрязнения от донных отложений и удаления заиленного песка, поступившего в водоем при засыпке части озера. Данные мероприятия позволят снизить рост макрофитов в придонной части озера и снизят биогенную нагрузку на озеро.

УДК 556.043

СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУР

Неров И.О.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, г. Владивосток, Россия
Бугаец А.Н., Краснопеев С.М.
ФГБУН «Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук», г. Владивосток, Россия
Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С., Беликов В.В.
ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Москва, Россия
Гончуков Л.В.
ФГБУ «Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт», г. Владивосток, Россия
Соколов О.В.
ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», г. Владивосток, Россия
Розанов В.В.
Амурское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов, г. Хабаровск, Россия
inerov@bk.ru

Ключевые слова: бассейн реки Амур, водохозяйственная система, паводок, гидрологическое моделирование, информационно-аналитическая система.

Рассматриваются вопросы информационного обеспечения работы и интеграции гидродинамических и гидрологических моделей, источников данных, автоматизации задания граничных условий, стандартизации форматов передачи данных между информационными и вычислительными блоками автоматизированной системы гидрологического моделирования, создаваемой для решения задач оптимизации режимов пропуска паводков Бурейским, Нижне-Бурейским и Зейским водохранилищами.

THE INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR HYDROLOGICAL MODELLING IN THE AMUR RIVER BASIN

Nerov I. O.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Far Easter Branch, Vladivostok, Russia
Bugaets A.N., Krasnopeev S.M.
Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
Motovilov Y.G., Kalugin A.S Belikov V.V.
Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Gonchukov L.V.
Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Vladivostok, Russia
Sokolov O.V.
Primorskoe Administration for hydrometeorology and environmental monitoring, Vladivostok, Russia
Rozanov V.V.
Federal Water Resources Agency Amur Water Basin Administration, Khabarovsk, Russia

Key words: Amur River basin, water management system, floods, hydrological modeling, information-analytical system.

The issues of support optimal control operating modes of the Bureysky, Nizhne-Bureysky and Zeysky reservoirs during the flood period in the Amur River basin is considered. The software design of integrated operation modelling system is developed. Support of hydrologic and hydrodynamic models operative mode, automation boundary conditions setting, standardization of data exchange formats between information and computing blocks are discussed.

Бассейн р. Амур является одним из самых паводкоопасных районов Российской Федерации. После катастрофического паводка 2013 г. различными авторскими коллективами создана значительная информационная и научно-методическая база для решения практических задач в области управления использованием и охраной водных ресурсов бассейна р. Амур. Разработаны новые гидродинамические модели и модели формирования стока [1–6]; методы оценки влияния сбросов воды с Зейского водохранилища на уровенный режим р. Амур [7–8]; разработаны методики краткосрочных гидрологических прогнозов притока воды к Бурейскому и Зейскому водохранилищам [9, 10], в дальневосточных подразделениях Росгидромета внедрены автоматизированные системы гидрологического мониторинга [11–13]; созданы и апробированы технологии интеграции различных гидродинамических моделей и физико-математических моделей формирования стока на основе стандарта OGC OpenMI 2.0 [14–18].

Актуальной задачей остается решение проблем оперативного информационно-аналитического обеспечения деятельности по установлению оптимальных режимов пропуска паводков Бурейским, Нижне-Бурейским и Зейским водохранилищами с учетом гидрологического состояния участков нижних бьефов и требований по минимизации затопления объектов и территорий [19]. Для решения данной задачи необходимо наличие информационной инфраструктуры, обеспечивающей интеграцию в единую систему распределенных баз данных фактической и прогнозной гидрометеорологической информации по бассейну р. Амур; данных о режимах и сценариях работы водохранилищ; программных комплексов гидродинамических моделей и моделей формирования стока.

В 2018 году, в соответствии с решением Научно-технического совета Амурского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов (далее – Амурское БВУ) в целях информационно-аналитического сопровождения деятельности Межведомственной рабочей группы по регулированию режимов работы Бурейского, Нижне-Бурейского и Зейского водохранилищ (далее – МРГ) начата работа по созданию Автоматизированной системы гидрологического моделирования в бассейне р. Амур (далее – система моделирования). Схема установления режимов работы Бурейского, Нижне-Бурейского и Зейского водохранилищ на основе системы моделирования представлена на рис. 1.

Система моделирования призвана обеспечить автоматизацию оценки влияния как фактически осуществляемых, так и сценарных (предлагаемых к установлению) на суточный и декадный период регулирования сбросных расходов на уровенный режим участков рек: р. Амур, от г. Благовещенск до г. Комсомольск-на-Амуре; р. Зея от створа Зейской ГЭС до устья; р. Бурея от створа Нижне-Бурейской ГЭС до устья.

В состав разрабатываемой системы моделирования (рис. 2) входят следующие составные компоненты:

– моделирующая подсистема, включая физико-математические модели формирования стока и гидродинамические модели руслового потока;

– система информационного обеспечения, предназначенная для получения, обработки, хранения и предоставления унифицированного доступа ко всей необходимой в процессе моделирования и расчетов информации.

В текущей реализации системы моделирования гидрологические модели представлены разработанной ИВП РАН моделью формирования стока реки Амур на базе информационно-моделирующего комплекса ECOMAG (ECOlogical Model for Applied Geophysics) [1–3] и разрабатываемыми на основе DHI MIKE11 и STREAM-2D гидродинамическими моделями реки Амур, и судоходных участков рек: Зея, Селемджа Уссури, Тунгуска (от с. Архангеловка), Бурея (от створа Нижне-Бурейской ГЭС).

Программный комплекс ECOMAG на основе фактической и прогнозной метеорологической информации производит расчет временных рядов бокового и руслового притоков, которые являются граничными условиями для гидродинамических моделей речных потоков с заблаговременностью, соответствующей периодам регулирования режимов водохранилищ и максимального времени добегания от створа Зейской ГЭС до г. Комсомольск-на-Амуре.

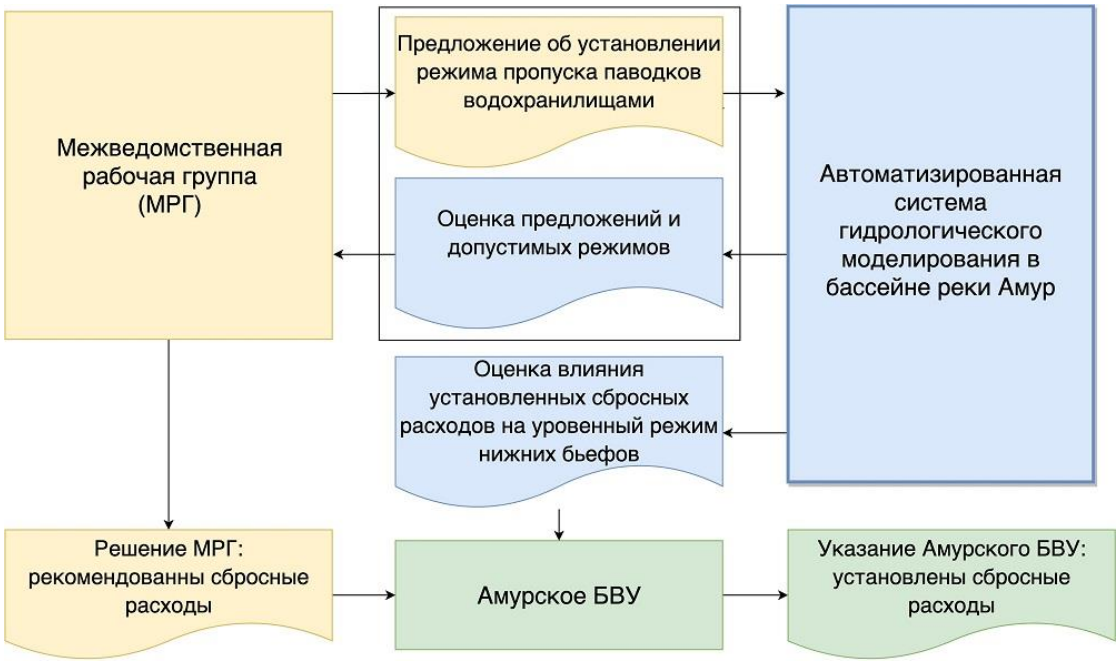


Рис. 1. Схема установления и оценки режимов пропуска паводков Бурейского, Нижне-Бурейского и Зейского водохранилищ на основе Автоматизированной системы гидрологического моделирования в бассейне р. Амур.

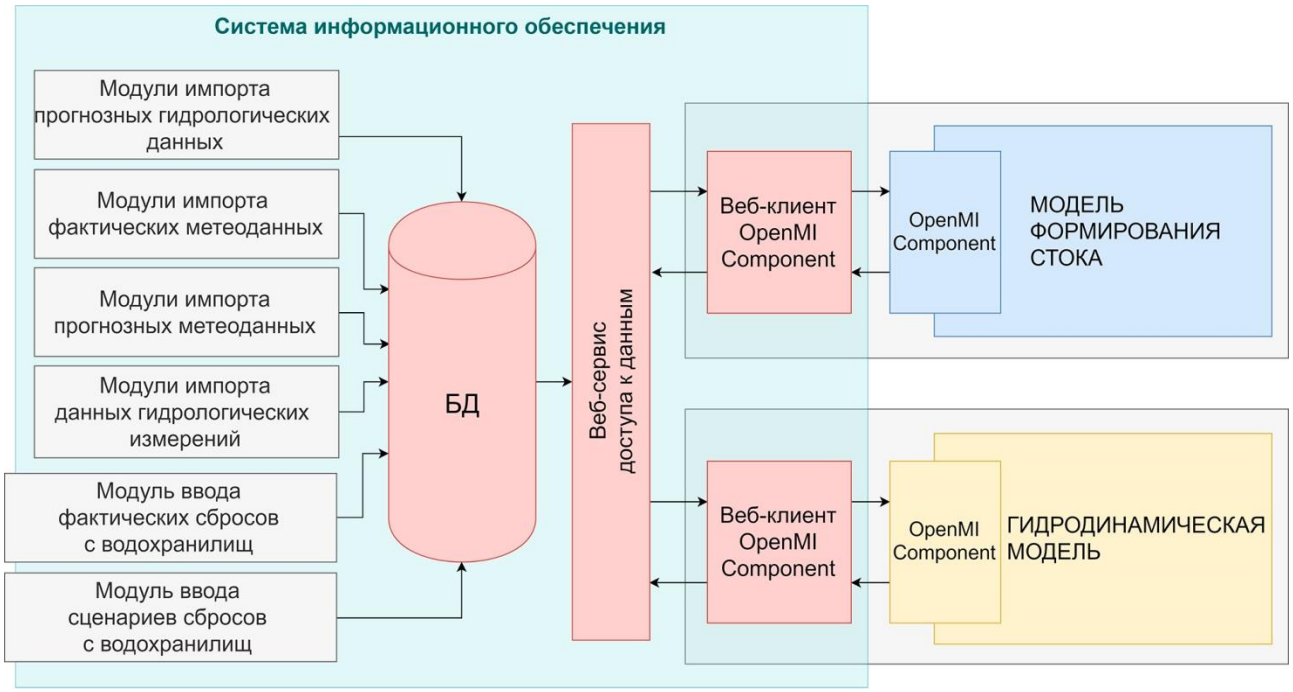


Рис. 2. Организация обмена данными в Автоматизированной системе гидрологического моделирования в бассейне р. Амур.

Для работы гидродинамической модели, кроме данных об осуществляемых и планируемых сбросных расходах воды с водохранилищ, необходимы данные о фактических

и ожидаемых расходах в створах начальных и граничных условий, включая распределенный боковой приток на весь период заблаговременности расчета. Источником гидрологических данных по створам государственной наблюдательной являются территориальные подразделения Росгидромета. По створам (участкам) начальных и граничных условий гидродинамических моделей, не освещенным государственной наблюдательной сетью, а также по створам (участкам), не обеспеченным прогнозными значениями, источником данных в системе моделирования выступает модель формирования стока. Для последней, в свою очередь, требуются фактические и прогнозируемые данные о среднесуточной температуре и влажности воздуха, суточных суммах осадков. В системе моделирования источниками этих данных являются информационные системы Росгидромета и веб-сервисы доступа к результатам расчета глобальных гидродинамических моделей атмосферы.

Система информационного обеспечения гидрологического моделирования в бассейне реки Амур (рис. 2) включает в себя модули импорта различных типов гидрометеорологической и водохозяйственной информации, базу данных для ее хранения, веб-сервис доступа к данным, и унифицированный веб-клиент, реализующий программный интерфейс OpenMI, для связи гидрологических моделей с источником данных.

Модули импорта фактической и прогнозной информации реализованы в виде набора приложений, каждое из которых является специализированным клиентом к определенному источнику:

– модули импорта фактических метеоданных обеспечивают получение данных из веб-сервисов, предоставляемых территориальными подразделениями Росгидромета, а также из общедоступных сервисов доступа к данным международного обмена в рамках Всемирной Метеорологической Организации (среднесуточная температура и влажность воздуха, суточные суммы осадков);

– модуль импорта данных гидрологических измерений и модуль импорта прогнозных гидрологических данных производят загрузку измеренных и прогнозируемых рядов значений уровня воды для заданного набора створов (участков) начальных и граничных условий;

– модуль импорта прогнозных метеоданных предназначен для загрузки полей прогнозируемых метеоэлементов (среднесуточная температура и влажность воздуха, суточные суммы осадков), получаемых из результатов расчета глобальных моделей атмосферы: GFS (Global Forecast System) Национального центра прогнозирования окружающей среды (National Centers for Environmental Prediction, NCEP) и CFS (Climate Forecast System) Национального управления океанических и атмосферных исследований (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) с заблаговременностями от 0 до 240 часов (для модели GFS), и – от 0 до 1440 часов (для модели CFS). Долгосрочный прогноз корректируется с учетом невязки смоделированных и реальных климатических величин;

– модули ввода фактических и сценарных сбросных расходов воды с водохранилищ предоставляют веб-интерфейс для задания текущих и планируемых к установлению сбросных расходов Бурейского, Нижне-Бурейского и Зейского водохранилищ.

В модулях импорта реализованы процедуры, обеспечивающие необходимые вычисления, агрегацию и преобразование данных.

Разрабатываемая система моделирования является отрытой и не ограниченна вышеперечисленными источниками данных и гидрологическими моделями.

Полученная из различных источников информация передается на хранение в базу данных (БД), которая обеспечивает ее целостность и непротиворечивость. В БД хранятся необходимые метаданные, описывающие пространственные и временные характеристики записанных величин, а также дополнительная атрибутивная информация (кривые расходов, критерии неблагоприятных и опасных гидрологических явлений, другая информация).

Для предоставления унифицированного доступа к данным и абстрагирования от внутренней структуры БД разработан специализированный веб-сервис («Веб-сервис доступа к данным», рис. 2), предоставляющий методы для чтения и записи данных.

Включаемые в систему моделирования гидродинамические модели и модели формирования стока поддерживают открытый стандарт моделирования OGC OpenMI 2.0, позволяющий объединять численные модели и информационные блоки, созданные на разных платформах и имеющие разные требования к составу и пространственно-временному разрешению исходной информации. OpenMI-совместимые программные компоненты могут объединяться в комбинированные системы по принципу автоматического распознавания совместимости и осуществлять обмен данными без дополнительного программирования [14].

Средством, позволяющим осуществить интеграцию различных моделирующих комплексов с источниками данных в представленной системе моделирования, является разработанный OpenMI-компонент доступа к данным («Веб-клиент OpenMI Component», рис. 2). Данный компонент является унифицированным средством доступа к данным для любой модели, поддерживающей интерфейс OpenMI. Модуль инкапсулирует вызовы методов «Веб-сервиса доступа к данным» и предоставляет информацию о пространственной структуре имеющихся в базе данных, перечне доступных измеренных или рассчитанных величин, дискретности данных во времени. С целью пространственного совмещения различных моделей и источников данных, у которых описание базовых пространственных единиц – расчетных элементов гидрологических и гидродинамических моделей, точек выполнения наблюдений (гидрологических постов и метеостанций) выполнено с помощью различных систем координат, в компоненте реализован метод пространственной интеграции данных, который с помощью открытой библиотеки абстракции гео-пространственных данных OSGeo GDAL (Open Source Geospatial Foundation, Geospatial Data Abstraction Library, https://www.gdal.org) производит перепроецирование данных к системе координат модуля, запросившего данные.

Предварительные испытания основных блоков и технологий системы моделирования показали высокую надежность и эффективность представленного технического решения. Созданная инфраструктура интеграции распределенных источников данных и программных комплексов гидрологических моделей позволяет решать задачи информационного обеспечения системы гидрологического моделирования, создаваемой для оптимизации режимов пропуска паводков Бурейским, Нижне-Бурейским и Зейским водохранилищами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калугин А.С., Мотовилов Ю.Г.* Модель формирования стока для бассейна реки Амур // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 2. С. 121–132.
2. *Калугин А.С.* Модель формирования стока реки Амур и ее применение для оценки возможных изменений водного режима. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Институт водных проблем РАН. Москва, 2016. 185 с.
3. *Калугин А.С.* Разработка модели формирования стока реки Амур на базе информационно-моделирующего комплекса ECOMAG // Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года»: сб. научных трудов, 2015. С. 149–154.
4. *Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С.* Моделирование формирования катастрофического наводнения 2013 г. в бассейне Амура // Экстремальные паводки в бассейне р. Амур: причины, прогнозы, рекомендации: сб. докл. Москва: Росгидромет, 2014. С. 121–147.
5. *Bugaets A.N., Gartsman B.I., Gonchukov L.V., Sokolov O.V., Lee K.T., Motovilov Yu.G., Belikov V.V., Moreido V.M., Kalugin A.S., Aleksyuk A.I., Krylenko I.N., Rumyantsev A.B.* Regional hydrological model – the infrastrucrure and framework for hydrological prediction and forecasting // Международная научн.-практ. конф. «Водный форум БРИКС». Москва, 2016. Режим доступа: chttp://www.hse.ru/mirror/pubs/share/194915736.
6. *Неров И.О., Бугаец А.Н.* Результаты и перспективы использования гидродинамической модели распространения паводочных волн в бассейне реки Амур // Водное хозяйство России. 2017. № 6. С. 48–61.

7. *Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С.* Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 2. С. 111–122.
8. *Мотовилов Ю.Г., Данилов-Данильян В.И., Дод Е.В., Калугин А.С.* Оценка противопаводкового эффекта действующих и планируемых водохранилищ в бассейне Среднего Амура на основе физико-математических гидрологических моделей // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 3. С. 1–15.
9. *Мотовилов Ю.Г., Балыбердин В.В., Гарцман Б.И., Гельфан А.Н., Морейдо В.М., Соколов О.В.* Краткосрочный прогноз притока воды в Бурейское водохранилище на основе модели ECOMAG с использованием метеорологических прогнозов // Водное хозяйство России. 2017. № 1. С. 78–102.
10. *Борщ С.В., Бураков Д.А., Симонов Ю.А.* Методика оперативного расчета и прогноза суточного притока воды в водохранилище Зейской ГЭС // Труды ГУ ГМЦ РФ. Вып. 359. 2016. С. 106–127.
11. *Бугаец А.Н., Гончуков Л.В., Соколов О.В., Гарцман Б.И., Краснопеев С.М.* Автоматизированная информационная система гидрологического мониторинга и управления данными // Метеорология и гидрология. 2017. № 3. С. 103–113.
12. *Гончуков Л.В., Бугаец А.Н., Соколов О.В., Гарцман Б.И., Краснопеев С.М., Грущенко М.А., Ещенко А.Е.* Гидрологический мониторинг и система управления данными // Вторые Виноградовские Чтения. Искусство гидрологии Международная научно-практическая конференция, памяти выдающегося русского ученого Ю.Б. Виноградова. 2015. С. 316–319.
13. *Bugaets A.N., Gonchukov L.V., Sokolov O.V., Gartsman B.I., Krasnopeev S.M.* Information system to support regional hydrological monitoring and forecasting // Water Resources. 2018. Vol. 45. № S1. С. S59-S66.
14. *Бугаец А.Н.* Применение стандарта OpenMI для создания интегрированных систем гидрологического моделирования // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 93–105.
15. *Bugaets A., Gartsman B., Gelfan A., Motovilov Y., Gonchukov L., Kalugin A., Moreido V., Suchilina Z., Fingert E., Sokolov O.* The integrated system of hydrological forecasting in the Ussuri river basin based on the ECOMAG model // Geosciences (Switzerland). 2018. Т. 8. № 1. С. 5.
16. *Бугаец А.Н., Гончуков Л.В.* Практические примеры использования стандарта OpenMI для создания интегрированных систем гидрологического моделирования // Вторые Виноградовские Чтения. Искусство гидрологии: Международная научно-практическая конференция, памяти выдающегося русского ученого Ю.Б. Виноградова. 2015. С. 271–276.
17. *Бугаец А.Н. и др.* Построение интегрированной системы гидрологического моделирования с применением стандарта OpenMI для задач управления риском наводнений (на примере Среднего Амура) // Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года»: сб. науч. трудов. ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук. 2015. С. 12–20.
18. *Бугаец А.Н., Мотовилов Ю.Г., Гончуков Л.В., Соколов О.В., Гарцман Б.И., Калугин А.С., Морейдо В.М., Фингерт Е.А., Сучилина З.А.* Разработка интегрированной системы гидрологического мониторинга на базе модели ECOMAG для бассейна р. Уссури // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения: сб. науч. трудов, посвящается Году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН. Институт водных проблем Российской академии наук, Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр. 2017. С. 495–500.
19. *Макаров А.В., Неров И.О.* К вопросу об информационно-аналитическом сопровождении деятельности межведомственной рабочей группы по регулированию режимов работы Бурейского, Нижне-Бурейского и Зейского водохранилищ при прохождении паводков в бассейне реки Амур // «Чистая вода России – 2017: сб. мат-лов XIV Междунар. научно-практ. симпозиума. Екатеринбург, 2017. С. 68–72.

УДК 504.06:504.4.062.2

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИМПАКТНОГО МОНИТОРИНГА ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Оболдина Г. А.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
elizgalina@mail.ru

Ключевые слова: экологическая политика, импактный мониторинг, регулирование водопользования, вред и ущерб водному объекту, реабилитация водных объектов.

В России природоохранное законодательство не обеспечивает единство целей и баланс между промышленной и экологической политиками, комбинированно учитываемых в развитых странах при формировании государственной регулятивной функции. Отсутствие убедительной и гибкой экологической методологии в области экологической безопасности водных ресурсов привело к тому, что гидрохимическая концепция государственного мониторинга природных вод, имеющая огромный опыт и необходимое метрологическое сопровождение, уступает место биотической концепции, важной, но слабо развитой и не имеющей должной метрологической поддержки. Возникла потребность в использовании комплексных экологических критериев на основе целесообразной практики применения гидрохимических данных.
Представлены основные методологические подходы и примеры практического применения разработанного инструментария оценки экологического благополучия водных экосистем на основе базового показателя антропогенной нагрузки в условиях импактного мониторинга.

POTENTIAL POSIBILITIES OF THE IMPACT MONITORING IN THE WATER USE REGULATING AND WATER BODIES' ECOLOGICAL REHABILITATION

Oboldina G.A.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia
elizgalina@mail.ru

Key words: environmental policy, impact monitoring, water use regulation, harm and damage to a water body, water body rehabilitation

The environment/protective legislation in Russia does not provide an integrity of objectives and the balance between environmental and industrial policies that are jointly taken into account in the developed countries in the process of assessment of the public regulatory function that is analyzed by purely economic factors in our national practice. The absence of convincing and flexible ecological methodology in respect of environmental safety has resulted in substituting of hydro/chemical concept of natural waters state monitoring that is backed by an enormous experience and the necessary metrological support by the biotic concept, which is important but poorly developed and lacks an appropriate metrological support. Now the need in the use of integrated ecological criteria based on expedient practice of the hydro/chemical data use.
We present the main methodological approaches and examples of the practical application of the developed tool-box for assessment of environmental health of water ecosystems based on a fundamental indicator of anthropogenic load in the conditions of the impact monitoring.

Оценка качества вод водных объектов, с экологических позиций, – необходимый этап экспертных работ при обосновании условий водопользования, вреда, ущерба, необходимости реабилитационных работ, целесообразности водоохранных мероприятий.

В соответствии со ст. 3 ФЗ-№ 7 «Об охране окружающей среды» [1], «обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении

хозяйственной и иной деятельности» является одним из основных декларируемых, но фактически нереализуемым принципом охраны окружающей среды.

В отечественной практике существуют две процедурно и нормативно разделенные подсистемы оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую среду (ОВОС): оценка, проводимая разработчиком проекта, и государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ), осуществляемая уполномоченным органом. В странах Европейского Союза ОВОС-ГЭЭ – выполняемая по данным текущего мониторинга единая система, процедурно отличающаяся в разных странах, но имеющая единое название – EIA (Environmental Impact Assessment).

Общепринятый подход к оценке экологического состояния водных объектов в отечественной практике экологического контроля отсутствует.

Наиболее употребительны способы индикации, основанные на экспертных оценках относительно ПДК.

В табл. 1 представлено тестирование (сопоставление с ПДКрх [2]) качества вод, классифицированного с экологических позиций [3]. Например, по содержанию железа общего, меди, цинка, воду I класса качества (с экологических позиций) следует для рыбохозяйственных целей доочищать! А по азоту нитратов, соответственно, вода только IV класса является истощенной.

По большинству представленных в таблице 1 показателей истощение (несоответствие) качества воды для рыбохозяйственного пользования проявляется при качестве воды III класса качества, установленного с экологических позиций, что более вероятно.

Табл. 1. Сопоставление значений ПДКр/х показателей [2] с соответствующим качеством воды по классам, установленным с экологических позиций [3]

Показатели	ПДКрх, мг/л	Классы качества воды					
		I	II	III	IV	V	VI
Растворенный кислород, мг/л	6	> 8	6	5	4	2	< 2
Хлориды, мг/л	300	< 50	150	200	300	500	> 500
Сульфаты, мг/л	100	< 50	150	200	300	400	> 400
Железо общее, мг/л	0,1	< 0,5	1	1	5	10	> 10
Азот аммонийный, мг/л	0,4	< 0,1	0,2	0,5	2	5	> 5
Азот нитритный, мг/л	0,02	< 0,002	0,005	0,02	0,05	0,1	> 0,1
Азот нитратный, мг/л	9	< 1	3	5	10	20	> 20
Фосфор фосфатов, мг/л	0,2	< 0,008	0,065	0,16	0,33	0,65	> 0,65
$БПК_5$, мг О/л	2,1 мг О/л	< 2	4	8	15	25	> 25
Медь, мг/л	0,001	< 0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	> 0,5
Цинк, мг/л	0,01	< 0,2	1	2	5	10	> 10
Примечание: закрашены ячейки качества вод, не соответствующих ПДКр/х.							

В табл. 2 представлены результаты аналогичного тестирования относительно ПДК с/г [4]. По $БПК_5$, содержанию железа истощение качества воды при оценке соответствия для хозяйственно-питьевых целей проявляется при качестве воды I–II класса качества, установленного с экологических позиций.

Табл. 2. Сопоставление значений ПДКс/г показателей [4] с соответствующим качеством воды по классам, установленным с экологических позиций [3]

Показатели	ПДКгиг, мг/л	Классы качества воды					
		I	II	III	IV	V	VI
Растворенный кислород, мг/л	4	> 8	6	5	4	2	< 2
Хлориды, мг/л	350	< 50	150	200	300	500	> 500
Сульфаты, мг/л	500	< 50	150	200	300	400	> 400
Железо суммарное, мг/л	0,3	< 0,5	1	1	5	10	> 10
Азот аммонийный, мг/л	1,5	< 0,1	0,2	0,5	2	5	> 5
Азот нитритный, мг/л	1,0	< 0,002	0,005	0,02	0,05	0,1	> 0,1
Азот нитратный, мг/л	10,2	< 1	3	5	10	20	> 20
$БПК_5$, мг О/л	2 мг О/л	< 2	4	8	15	25	> 25
ХПК, мг O_2/л	30 мг O_2/л	< 15	25	50	70	100	> 100
Медь, мг/л	1	< 0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	> 0,5
Цинк, мг/л	1	< 0,2	1	2	5	10	> 10
Примечание: закрашены ячейки качества вод, не соответствующих ПДКс/г.							

Согласно [5] водные объекты питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования считаются загрязненными, если показатели состава и свойства воды в пунктах водопользования изменились под прямым или косвенным влиянием хозяйственной деятельности, бытового использования и стали частично или полностью непригодными для водопользования населения (п. 3.2.). Водопользователи на основе регламентированных условий сброса сточных вод и требований к различным видам хозяйственной деятельности обязаны обеспечить разработку и реализацию водоохранных мероприятий, осуществление контроля за использованием и охраной вод, принятие мер по предотвращению и ликвидации загрязнения водных объектов, в том числе вследствие залпового или аварийного сброса (п. 3.4).

Содержание химических веществ не должно превышать гигиенические ПДК и ориентировочно-допустимые уровни (ОДУ) веществ в воде водных объектов, утвержденные в установленном порядке (п. 5.2). При отсутствии установленных гигиенических нормативов водопользователь обеспечивает разработку ОДУ или ПДК, а также метода определения вещества и/или продуктов его трансформации с нижним пределом измерения 0,5 ПДК (п. 5.3). В случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ 1 и 2 классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, в т. ч. канцерогенных, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу (п. 5.4).

В приложениях «Ж» и «Г» РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [6] приведена классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК (таблицы 3 и 4).

В табл. 4 представлены критерии определения высокого и экстремально высокого уровней загрязненности воды водных объектов по гидрохимическим показателям в соответствии с приложением Г [6].

Индикация, основанная на экспертных оценках относительно ПДК, не обеспечивает решение огромного количества экологических проблем, поскольку остаются без ответов вопросы, типа: средний уровень загрязненности вызывает истощение качества вод или за определенное время приводит к ущербу водной экосистеме?

Выборка имеющихся пробелов оценки условий водопользования по водоохранному законодательству [1] представлена на рис. 1.

Табл. 3. Классификация природных вод по кратности превышения ПДК [6]

Кратность превышения ПДК[1]	Характеристика уровня загрязненности
(1; 2)	Низкий
[2; 10)[2]	Средний
[10; 50)[3]	Высокий
[50; ∞]	Экстремально высокий

Примечания:

1 *Для растворенного в воде кислорода используют следующие условные градации кратности уровня загрязненности: (1; 1,5] – низкий; (1,5; 2] – средний; (2; 3] – высокий; (3; ∞] – экстремально высокий. Если концентрация растворенного в воде кислорода в пробе равна 0, для расчета условно принимаем ее равной 0,01 мг/дм^3.*

2 *Указанные значения кратности соответствуют ситуациям на водном объекте, характеризуемым как «высокое загрязнение» для большинства веществ 3–4-го классов опасности. Для тех загрязняющих веществ, у которых критерий высокого загрязнения отличен от 10, число 10 должно быть заменено критериями высокого загрязнения, определяемыми в соответствии с приложением Г РД 52.24.643-2002.*

3 *Указанные значения кратности соответствуют ситуациям на водном объекте, характеризуемым как «экстремально высокое загрязнение» для большинства веществ 3–4-го классов опасности. Для тех загрязняющих веществ, у которых критерий экстремально высокого загрязнения отличен от 50, число 50 должно быть заменено критериями экстремально высокого загрязнения в соответствии с приложением Г РД 52.24.643-2002.*

Табл. 4. Критерии определения высокого и экстремально высокого уровней загрязненности воды водных объектов по гидрохимическим показателям в соответствии с приложением Г [6]

Ингредиенты и показатели качества воды	Кратность превышения ПДК для случаев*	
	высокого уровня загрязненности	экстремально высокого уровня загрязненности
1–2-го классов опасности	[3; 5)	≥ 5
3–4-го классов опасности, кроме нефтепродуктов, фенолов, меди, железа общего	[10; 50)	≥ 50
4-го класса опасности – нефтепродукты, фенолы, медь, железо общее	[30; 50)	≥ 50

Примечание: для растворенного в воде кислорода в случае высокого уровня загрязненности его содержание составляет 3 мг/дм^3 и менее, в случае экстремально высокого уровня – 2 мг/дм^3 и менее; для БПК$_5$ воды в случае высокого уровня загрязненности оно составляет 10 мг/дм^3 и более, в случае экстремально высокого уровня – 40 мг/дм^3 и более.

В Своде правил СП 11-102-97 [7], разработанном на основе принципов комплексной оценки воздействия сооружения на окружающую природную среду и воздействия среды на сооружение и условия проживания населения, представлен ряд понятийных терминов: безопасность экологическая, воздействие экологически вредное, нагрузка антропогенная, обоснование экологическое, но критерии оценки связи «качество экосистем – вред – НДВ» – отсутствуют.

Таким образом, можно утверждать, что существуют критерии относительно удовлетворительной ситуации (загрязненность менее 3 ПДКс/г даже для показателей 1-2-го класса опасности). Другая более объективная корректная оценка по ПДК отсутствует.

С внедрением биотической подсистемы мониторинга [8] ситуация практически не изменилась.

Понятие «деградации водных объектов» в нормативно-правовых актах РФ отсутствует. Исследователи понимают под деградацией среды ухудшение природной среды жизни человека. Существуют специальные понятия, например, «деградация ландшафта» [9], «деградация почвы» [10], которые характеризуют утрату этими компонентами окружающей среды полезных для человека свойств. Соответственно, деградацию водных объектов определяют как утрату водными объектами полезных для человека свойств, то есть

водохозяйственного, рыбохозяйственного, рекреационного потенциалов, культурно-исторического значения и др. [10, 11].

Другие исследователи считают, что деградация водного объекта – процесс ухудшения характеристик объекта с течением времени: снижение качества воды, снижение биопродуктивности, в том числе и рыбопродуктивности, заиление, зарастание [12]. Т.е. деградацию связывают с изменением и сокращением биоценоза водного объекта вследствие ухудшения качества воды водного объекта по химическим и физико-химическим показателям.

В соответствии с ГОСТ Р 57007-2016 [8] введен следующий термин: деградация природных объектов и природных комплексов – утрата либо негативное изменения природных свойств природных объектов и природных комплексов, имеющих особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное значение в результате воздействия антропогенных факторов.



Рис. 1. Пробелы водоохранного законодательства.

Термин неоднозначен, поскольку не ясна юридическая значимость слова «особое», относится оно только к «природоохранному значению», или ко всем далее перечисленным значениям? Что имеется в виду под «особым иным значением»? Употребление в термине слова «иное» усложняет понятие, отдаляет от конкретизации.

Одним из возможных доказательств истощения качества воды может явиться выявление процесса эвтрофирования водного объекта.

В РД 52.24.620-2000 [13] представлена классификация эффектов антропогенного воздействия на водные экосистемы. Выделены следующие стадии состояния водных экосистем: экологический регресс, элементы экологического регресса, антропогенное напряжение с элементами экологического регресса, антропогенное напряжение, антропогенное эвтрофирование. Критерием признана общая численность фитопланктона.

Выявление антропогенного эвтрофирования затруднительно на фоне естественной изменчивости и природных вариаций в развитии водных экосистем. Наглядным проявлением фитопланктонного эвтрофирования водного объекта является ответная приспособительная реакция экосистемы в виде «цветения воды» в результате массового размножения отдельных

видов синезеленых водорослей. Данное явление специалистами признается как новый этап существования экосистемы на фоне ухудшения качества воды.

В настоящее время известны провоцирующие факторы эвтрофирования (замедленное течение, высокая прозрачность, повышенное содержание подвижных форм растворенного органического вещества, усиленное поступление биогенов и др.) [13], но отсутствуют алгоритмы оценки вероятности проявления, скорости и масштаба процесса эвтрофирования на водах различной «биографии» (закисленных, повышенной минерализации, токсичных в результате присутствия различных форм металлов, галогенорганических соединений и т. д.).

Экологическая оценка негативного воздействия (вреда, ущерба) водному объекту предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на водную экосистему.

Допустимой считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды.

В соответствии со ст. 1 [1] нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды. Следовательно, между допустимой нагрузкой и качеством среды должна существовать вполне определенная связь, обычно устанавливаемая на основе концепции пороговости путем введения понятий предельно допустимых концентраций (ПДК).

В соответствии со ст. 1 [1] нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (далее также – нормативы предельно допустимых концентраций) – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести (автор: а может и не привести!) к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем. В том числе и водных. В том числе и Человека – как элемента наземной экологической системы.

Несомненно, историческая роль персональных ПДК неоспорима. «Концепция ПДК» должна «рассматриваться как введение в разработку концепции «экологического нормирования»» [14]. Отсутствие целевых показателей, монополия ПДК привели к тому, что специалистам потребовалось значительное время, чтобы понять, что несоблюдение ПДКр/х может привести, или не привести, к истощению качества вод и деградации естественных экологических систем. Поэтому оценка соответствия качества сред с использованием ПДК, или их определенной комбинации, признается неоднозначной и не способна дать объективный ответ, наступает, или не наступает деградация естественных экологических систем при превышении ПДК. Очевидно, что требуется оценка качества этих экологических систем по отношению к шкале «норма – патология».

Вопрос о несовершенстве системы нормирования на основе $ПДК_{рх}$ обосновали не только гигиенисты, химики и гидробиологи, но даже токсикологи – авторы системы. Нормативы ПДК относительно приемлемы в качестве базовых в сфере технологического управления качеством сточных вод и выбросов в атмосферу, но они «не работают» в условиях естественных экосистем, где комплексуются, трансформируются и перемещаются тысячи природных и техногенных веществ и нет места существованию рафинированных элементов, для которых установлены ПДК [15].

Чтобы преодолеть указанные выше трудности, связанные с применением нормативов ПДК для природных водных объектов, для которых данные биологического и физико-химического мониторинга существуют, необходимо по оценочным показателям дополнить ПДК экологически допустимыми нормативами (ЭДН) потенциально вредных для биоты факторов среды, устанавливаемыми непосредственно по данным мониторинга реальных водных экосистем [16].

В соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1] вред окружающей среде – это негативное изменение окружающей

среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов.

При этом согласно п. 1 ст. 77 [1] юридические лица, причинившие вред окружающей среде в результате ее загрязнения, истощения, порчи, уничтожения, нерационального использования природных ресурсов, деградации и разрушения естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов, и иного нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обязаны возместить его в полном объеме в соответствии с законодательством. Из данной нормы следует, что вред (эксперт: вторичный, косвенным путем) наносится не только загрязнением, но и истощением, порчей, уничтожением, нерациональным использованием природных ресурсов, деградацией и разрушением естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов.

Следовательно, единообразное толкование определения вреда окружающей среде на основании положений Федерального закона «Об охране окружающей среды» отсутствует. С другой стороны, это предоставляет специалистам широкие возможности по обоснованию объективных критериев, свидетельствующих о причинении вреда, а также расчетов накопленного ущерба окружающей среде.

Водным кодексом Российской Федерации (ч. 2 ст. 69) предусматривается только необходимость и порядок утверждения Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения требований водного законодательства [17].

В соответствии с [8] оценка вреда, причиненного окружающей среде: Определение последствий негативного воздействия на окружающую среду, отдельные экологические системы и отдельные компоненты окружающей среды и биологического разнообразия, а также оценка фактических затрат, необходимых на восстановление нарушенного состояния окружающей среды и биологического разнообразия, размера понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

Примечания:

1. Вред окружающей среде возмещается в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, а при их отсутствии исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

2. Определение размера вреда окружающей среде, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды, осуществляется исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды, а также в соответствии с проектами рекультивационных и иных восстановительных работ, при их отсутствии в соответствии с таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, утвержденными органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды.

Исходя из неоднозначности терминов «ПДК», «деградация», сброс сточных вод с превышением предельно-допустимых концентраций (ПДК) не является безусловным доказательством причинения вреда водному объекту и негативного воздействия на окружающую среду. Факт причинения вреда водному объекту выражается в устойчивом ухудшении качества воды, донных отложений, нарушении комплектности экосистемы водного объекта и требует соответствующего доказательства.

Таким образом, расчет размера вреда в соответствии с Методикой 2009 г. [17] всегда может быть оспорен водопользователем из-за формальности проводимого относительно ПДКр/х мониторинга, контроля и надзора в зоне хозяйственной деятельности.

Рассмотренные способы биологического анализа и оценки качества вод с применением различных биологических индексов по структуре, составу и функционированию зообентоса достаточно разнообразны, имеют свои преимущества и недостатки [18–20].

Пример установленных экологически допустимых уровней (нормативов, целевых показателей) (ЭДН) значимых абиотических факторов представлен в таблице 6.

Средством обоснования ЭДН использован метод биоиндикации, поскольку экологические связи между видами более чувствительны, нежели организменные показатели с целью выявления нижней и верхней границ между уровнями абиотических факторов.

Полученные результаты свидетельствуют [16], что наибольший вклад в степень экологического неблагополучия во всех группах исследования вносит концентрация кислорода независимо от используемого индикатора. На втором месте в летний и осенний сезоны оказалась прозрачность воды, в весенний сезон – водородный показатель. Наименьший вклад в степень экологического неблагополучия вносят такие органические загрязнители, как нефтепродукты и формальдегиды – в летний и осенний сезоны, СПАВ и летучие фенолы – в весенний сезон.

В целом для большинства анализируемых факторов величины ЭДН получились мягче, чем нормативы ПДК, но различны на разных водных объектах.

В качестве биоиндикатора длительных воздействий были применены показатели сапробности фитопланктона и зообентоса водных объектов бассейна Дона. Большая часть величин ЭДН оказались более жесткими, чем рассчитанные по показателям оценки разнообразия, что соответствует представлениям о большем повреждающем влиянии длительных нарушений.

Табл. 6. Экологически допустимые уровни/нормативы значимых абиотических факторов, установленные по показателям разнообразия фитопланктона бассейна реки Дон [16]

Показатель	Осенний и летний сезоны		Весенний сезон		ПДК	ЭДН по сапробности
	ЭДН	Точность, полнота, %	ЭДН	Точность, полнота, %		
$БПК_5$	4,19	96,31	5,24	82,33	3	5,51
Фенолы летучие	0,005	93,23	0,017	100,18	0,001	0,00
СПАВ	0,10	84,22	0,11	77,17	–	0,02
Нефтепродукты	0,85	79,14	0,31	80,30	0,05	0,17
Альфа-гексохлоран	0	83,27			0	
Гамма-гексохлоран	0	89,18			0	
Хром 6+	0,004	80,29			0,02	
Цинк	0,016	86,36			0,01	0,002
Медь	0,018	87,23			0,001	0,017
Железо общее	0,28	78,22			0,1	0,20
Сульфаты	408	89,25			100	195
Хлориды	348	94,27	282	80,23	300	575
Гидрокарбонат-анион	336 (162,9)	87,39			–	135
Общая жесткость	11,1 (6,48)	81,45 (94,31)			–	
Магний	61,80 (30,20)	89,57			40	
Марганец общий	0,07 (0,0015)	84,64			–	
Кальций	168 (52,1)	75,34			180	43,5
Фосфор минеральный	0,34 (0,08)	80,26			–	0,07
Аммоний	2,14 (0,09)	82,24	2,82 (0,22)	86,31 (86,29)	0,5	0,3
Нитраты	3,71 (0,09)	84,24			40	
Нитриты	0,34 (0,02)	81,25	0,18 (0,01)	84,26	0,08	0,21
pH	7,97 (7,6)	88,30	7,9 (7,55)	94,34	6,5 (8,5)	7,69
Кислород	(5,24)	81,80	(6,58)	83,84	6	8,21

Примечание: для каждого фактора приведены наиболее жесткие величины (для верхних границ – наименьшее значение, для нижних границ – наибольшее). Без скобок приведены значения верхней, в скобках – нижней границы экологически допустимого уровня.

Метод ЭДН позволяет обосновывать целевые показатели качества вод, но единой общепризнанной системы биологического контроля качества вод в настоящее время не существует.

Показано, что системному решению задач оценки истощения и деградации водных экосистем способствует комбинированное использование комплексных физико-химических показателей [21–28], характеризующих состояние водных экосистем через качество вод по группе физико-химических показателей, косвенно учитывающих биологические оценочные показатели, учтенные при формировании шкалы качества природных вод с экологических позиций [3, 16, 29, 30].

Шкала полученного базового показателя антропогенной нагрузки ($ПАН^{б}$) по классам качества вод приведена в табл. 8.

Выполнено исследование погрешностей системы оценки качества воды по $ПАН^{б}$ при варьировании некоторых исходных параметров, например, относительно данных качества воды I или II класса, установленных с экологических позиций, без учета и с учетом экотоксичности ионов металлов. Минимальная ошибка установлена по среднегодовым данным и не превышает погрешности методик измерений используемых показателей.

Табл. 8. Шкала базового $ПАН^{б}$ при оперативной оценке кризисности экосистемы

№ п/п	Оценочный показатель	Классы качества воды водных объектов с экологических позиций				
		I	II	III	IV	V
		Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная
1	Кризисность экосистемы	Состояние обратимых изменений		Пороговое уязвимое состояние	Состояние необратимых изменений	
2	$ПАН^{б}$	< 4,2	4,3 ÷ 10,8	10,9 ÷ 24	24,1 ÷ 70	70,1 ÷ 135

Таким образом, ПАН – комплексный критерий, по качеству сточных вод характеризующий оказываемое негативное воздействие технологии, по качеству поверхностных вод обеспечивающий оперативную оценку экологического состояния водного объекта, и, в итоге, свидетельствующий о степени антропогенного воздействия хозяйствующего субъекта в зоне водопользования.

Предлагаемая система находится в развитии и является гибкой, позволяет выполнять корректировочные действия, ужесточать или ослаблять региональные целевые показатели, использовать отраслевые нормы общего действия, маркерные показатели и технологические характеристики, наиболее динамично отражающие процесс улучшения или деградации качества воды водного объекта, обосновывать допустимую степень антропогенной нагрузки для участка конкретного водного объекта (ΔПАН/км реки), а также оптимальные периоды времени года для исследования истощения/деградации водных ресурсов.

Разработанный инструментарий опробован на различных водных объектах.

Для унификации импактного мониторинга водоохранной деятельности и оценки негативного воздействия использован метод «условной водоемкости», обеспечивающий по группе аналитов-маркеров оценку негативных воздействий (закисление, засоление, снижение прозрачности, снижение растворенного кислорода, эвтрофирование, токсичность, радиоактивность, тепло и др.) в виде показателя антропогенной нагрузки ($ПАН = \sum ПАНi$), который определяется в виде суммы необходимых кратностей объемных разбавлений исследуемой воды (Vн) условным количеством (Vусл) воды до безвредного состояния по типам воздействия: $ПАНi = Vусл/Vн$.

При разбавлении начального объема загрязненной воды (Vн) с начальной концентрацией маркерного i-показателя (Сн), концентрацию которого необходимо снизить до желаемого

значения целевого показателя (Сцп,) необходимый объем разбавляющей воды (Vусл) определится из условия материального баланса:

$$(V_{усл} + V_н) \cdot С_{цп} = V_н \cdot С_н. \quad (1)$$

Обе части уравнения разделим на ($V_н \cdot С_{цп}$):
$(V_{усл} \cdot С_{цп}) / (V_н \cdot С_{цп}) + (V_н \cdot С_{цп}) / (V_н \cdot С_{цп}) = (V_н \cdot С_н) / (V_н \cdot С_{цп})$.
После сокращения и преобразований получим:

$$ПАН = С_н / С_{цп} – 1. \quad (2)$$

Простота метода «условной водоемкости» заключается в достаточно простом аналитическом контроле качества вод (состояния экосистем) по маркерным показателям относительно нормативов или их желаемых целевых значений без гидрологических исследований. ПАН имеет смысл показателя объемного разведения (усл. $м^3/м^3$), хотя рассчитывается по концентрациям, обладает свойствами удельного показателя.

За рубежом метод «условной водоемкости» широко используется при расчете токсичности вод по установленным прогнозируемым недействующим концентрациям (PNEC).

Методом «условной водоемкости» – возможна оценка негативных воздействий, характеристика которых может быть аналитически установлена (оценена) в виде необходимой кратности объемного разбавления воды до безвредного состояния.

Конечная цель экологического регламентирования должна быть однозначной, исследуемую экосистему следует категорировать просто, относя к «хорошему» или «плохому» качеству. В настоящее время, как отмечают специалисты, наблюдается отклонение от диатропической познавательной модели назад к прагматической ньютоновской модели, отсеву малоинформативных факторов. Основная задача при этом – разработать методы адекватного представления ее состояния простыми средствами, сжато отражающими сложные свойства водных экосистем» с возможностью выполнения над ними целеобусловленных функциональных преобразований, отражающих многоуровневый и самонастраивающийся механизм внутренних трансформаций.

Для оценки получаемых результатов импактного мониторинга использовался детерминационный анализ (ДА) как метод диагностики состояния экосистемы [30–34], которому не свойственны многие недостатки традиционной статистики.

Точность и полнота правила «если X, то Y» может характеризовать значимость взаимной сопряженности событий X и Y. Представляет интерес и исследование приращений условных частот при изменении набора факторов. Такие приращения могут характеризовать существенность факторов и их комплексов в исследуемых закономерностях. Техника анализа условных частот легко позволяет проводить межмассивную обработку данных, а именно - рассчитывать достоверность правила «если X, то Z», когда известны достоверности правил «если X, то Y» и «если Y, то Z», а массив экспериментальных данных, включающий переменные X и Z одновременно, отсутствует.

Полученные специалистами результаты показали, что детерминационный анализ может быть достаточно эффективным средством нахождения связей между различными компонентами экосистемы, в частности, для поиска и вычисления значений факторов, влияющих на биотические индикаторы качества природных экосистем. Дальнейшие перспективы применения метода связаны с исследованием интегральных характеристик экосистемы, таких как обобщенный класс качества вод по абиотическим показателям, индекс сапробности сообществ гидробионтов. Возможно более широкое использование многофакторного подхода (когда в качестве объясняющей переменной в анализе участвуют одновременно несколько факторов), например, при анализе связей между биотической и абиотической частями экосистемы. С помощью процедуры ДА, называемой введением контекста, можно изучать любые связи в пределах любого выделенного фрагмента из общего массива данных (например, при исследовании одного гидрографического района проводить анализ отдельно для составляющих его крупных рек).

Следует отметить, что научные задачи, к которым приложим предлагаемый подход, крайне актуальны. В частности, требует новых методических подходов задача анализа взаимосвязей факторов в сложных многофакторных системах. Задача поиска причин экологического неблагополучия приобретает особо важное значение в связи с неудовлетворительным обоснованием существующих систем экологического контроля. С помощью ДА облегчается задача поиска региональных ЭДУ факторов среды, несущих потенциальную опасность для различных биотических компонентов экосистем [35–37].

Исследованы точность и достоверность получаемых результатов по сезонным и среднегодовым данным, динамики их в створах по течению реки и в конкретном створе во времени.

Полученные методические результаты представлены в стандартах [22, 23], методических материалах по реабилитации водных объектов и в проходящих экспертизу проектах стандартов:

- Проект ГОСТ Р. «Экспертно-комбинированный метод регулирования водопользования» (ГОСТ Р ЭКМ);
- Проект ГОСТ Р. «Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций» (ГОСТ Р ОцКВ);
- Проект ГОСТ Р. «Обоснование эколого-экономической целесообразности внедрения водоохранных мероприятий» (ГОСТ Р ЭЭЦ).
- Сфера применения разработанных документов представлена на рисунке 2.

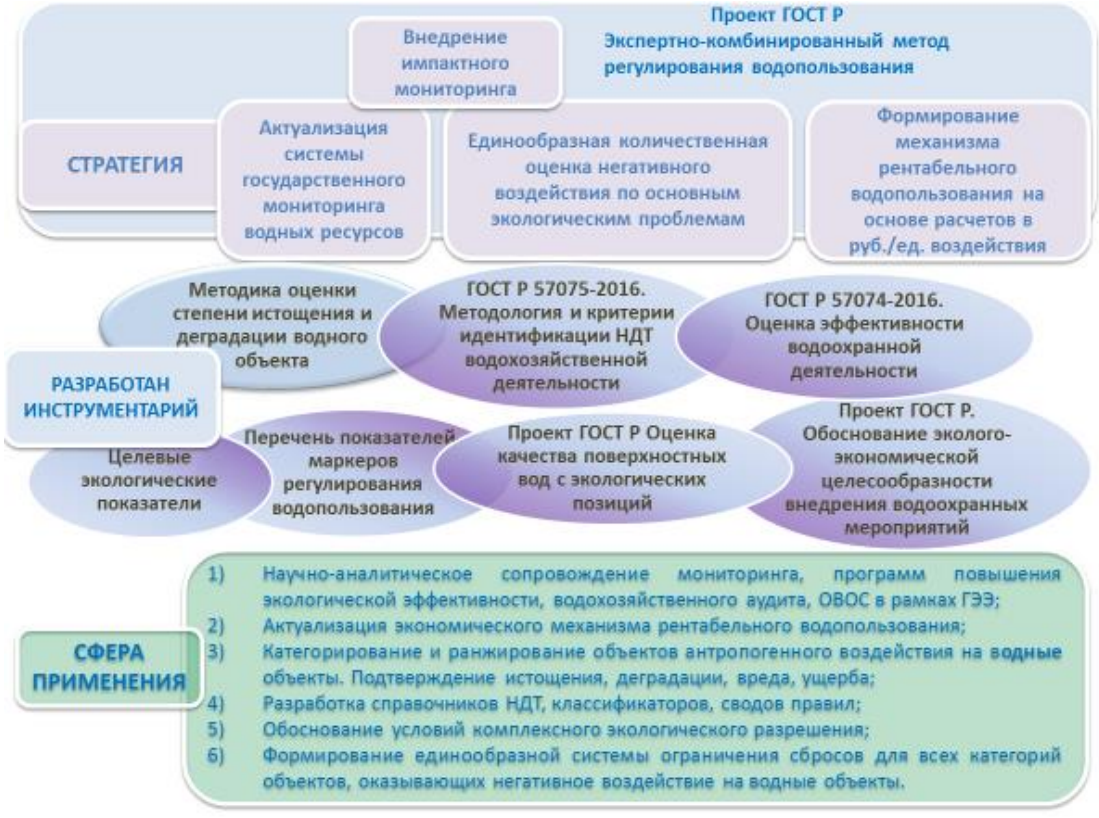


Рис. 2. Инструментарий экологического сопровождения регулирования водопользования.

Разработанные показатели, комплексные критерии и алгоритмы могут быть использованы при оценке:

- качества/класса качества используемых природных вод, степени их истощения и деградации водных экосистем, необходимости/возможности реабилитации;
- эффективности экономического механизма регулирования водопользования;
- вреда/ущерба в результате хозяйственной деятельности водопользователей;
- платы за негативное воздействие последствий водохозяйственной деятельности;

– экологических выгод и экономии финансовых средств при обосновании экономического механизма рентабельного водопользования, целесообразных планов водоохранных мероприятий;
– программ экологической реабилитации водных объектов или их участков и др.

Применение разработанного инструментария обеспечит водопользователей, экспертов, органы государственного водного контроля методическими подходами, объективными критериями оценки эффективности водоохранной деятельности хозяйствующих субъектов в условиях импактного мониторинга.

Основные концептуальные положения регулирования водопользования

- Гармонизация основных российских принципов регулирования водопользования с прогрессивными мировыми, в соответствии с которыми процедура выдачи водоохранных разрешений выполняется в тесной взаимосвязи с экологической оценкой негативного воздействия сбросов, влияния шламонакопителей, хвостохранилищ и др. (ГОСТ Р ЭКМ).
- Использование в качестве прототипа петли качества регулятивной функции в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14001 (ГОСТ Р ЭКМ):

– механизмы регулирования водопользования ранжируют на основные (петлеобразующие) и вспомогательные (инструментарий);
– реализация «петли качества» [25] включает обязательные поочередные действия технического и эколого-аналитического характера. Не обладающий признаками объективности разрыв «петли качества» снижает эффективность используемой системы регулирования водопользования и затрудняет принятие экспертами в сложной ситуации обоснованного решения;
– «петля качества» признается эффективной, если все ее элементы объективны, упорядоченно связаны, гибко совершенствуются, имеют нормативы и критерии оценки. Эффективная «петля качества» регулятивной функции обеспечивает научно-аналитическое сопровождение регулирования водопользования.

- Признание причинно-следственной связи между уровнями воздействий на биоту водного объекта и ее откликом.
- Использование математических методов анализа, позволяющих выделить в многомерном пространстве экологических факторов область экологического благополучия по комплексным физико-химическим показателям;
- Использование единого государственного подхода к оценке негативного воздействия технологий на состояние водных объектов в различных отраслях промышленности и ЖКХ (ГОСТ Р 57075):

– сокращение списка контролируемых параметров в соответствии с международными и российскими прогрессивными тенденциями;
– обоснование наиболее существенных типов воздействия (экологических аспектов, проблем): токсичность, засоление, закисление, снижение прозрачности, эвтрофирование, снижение растворенного кислорода, биогенная подпитка внутриводоемных процессов, вторичное загрязнение от донных отложений, экотоксикация, тепловое, радиоактивное воздействие.

- Внедрения в практику государственной водоохранной регулятивной функции единого методологического подхода регламентирования и оценки негативных воздействий, качества используемых природных вод, экологического благополучия водных экосистем (ГОСТ Р 57075), единообразной оценки вреда, ущерба и затрат, т.е. унифицирование регулятивного механизма (ГОСТ Р 57075, ГОСТ Р ОцКВ, ГОСТ Р ЭЭЦ) (рис. 3).



Рис. 3. Унификация эколого-аналитического сопровождения регулирования водопользования (ГОСТ Р ЭКМ).

- Обеспечение гибкости системы регулирования водопользования и возможности ее совершенствования (ГОСТ Р ЭКМ, ГОСТ Р ЭЭЦ).

Принципы системы, обеспечивающие контроль и мониторинг природных вод, могут быть перенесены на охрану подземных вод (усл. $м^3/м^3$ подземной воды), воздуха (усл. $м^3$ чистого воздуха/$м^3$ реального воздуха), земли, донных отложений (усл. $м^3$ чистого грунта/$м^3$ реального грунта).

Общий порядок регулирования водопользования представлен на рис. 4.



Рис. 4. Общий порядок регулирования водопользования.

Для расчета ПАН^{б} требуется всего десять аналитов-маркеров, что в несколько раз меньше, чем практикуется в европейских странах для подтверждения хорошего химического статуса качества природных вод.

Оценка качества вод водных объектов с экологических позиций включает следующие процедуры:

- обоснование оценочных створов;
- сбор архивных данных мониторинга вод или (при необходимости) мониторинг их качества по базовым аналитам-маркерам. Контролирующие органы и заинтересованные лица отбор проб выполняют без предварительного предупреждения хозяйствующих субъектов;
- расчет ПАН^{б} в соответствии с ГОСТ Р 57075 и проектом ГОСТ Р ОцКВ;
- определение по ПАН^{б} класса качества воды:

  I класс качества при ПАН$^{б} \leq 4{,}2$ усл. м^3/м^3;
  II класс качества при $4{,}2 <$ ПАН$^{б} \leq 10{,}8$ усл. м^3/м^3;
  III класс качества при $10{,}8 <$ ПАН$^{б} \leq 24{,}0$ усл. м^3/м^3;
  IV класс качества при $24{,}0 <$ ПАН$^{б} \leq 70$ усл. м^3/м^3;
  V класс качества при $70 <$ ПАН$^{б} \leq 135$ усл. м^3/м^3.
- графическое картирование полученных данных с логическим анализом полученных результатов;
- исследование линейных трендов (ПАН^{б}/км, ПАН^{б}/сутки) между створами, их динамики, с использованием различных методов математической обработки;
- обоснование допустимой антропогенной нагрузки на участке водотока;
- формирование выводов на основе детерминационного анализа (табл. 9).

Табл. 9. Оценка состояния водного объекта по ПАН^{б}

Критерий оценки	Вывод
ПАН^{б}к < ПАН^{б}ф	Процессы самоочищения превышают процессы истощения. Объект негативного воздействия (ОНВ) не оказывает вреда водному объекту.
ПАН^{б}к > ПАН^{б}ф	Процессы истощения превышают процессы самоочищения. ОНВ оказывает вред водному объекту.
$К_{ПАН}{}^{б} > 3Ку_{ПАН}{}^{б}$	Тренд динамики истощения по ПАН^{б} более, чем в 3 раза превышает нормативный тренд процессов самоочищения. ОНВ оказывает ущерб водному объекту. ОНВ не НДТ.
ПАН^{б}к > ПАН^{б}ф; ТПфакт > $ТП_{НДТ}$	ОНВ не соответствует качеству НДТ по водному фактору.
$К_{ПАН6} \approx Ку_{ПАН6}$; ТПфакт ≈ $ТП_{НДТ}$	Тренд динамики истощения по ПАН^{б} соответствует нормативному тренду процессов самоочищения. ОНВ соответствует качеству НДТ по водному фактору.

Экологические и юридические пробелы действующего природоохранного законодательства в России позволяют уклоняться от ответственности за причиненный вред и ущерб водным объектам (рис. 1). Разрабатываемые нормативные документы ликвидируют это несоответствие.

При неоднозначности заключений окончательный вывод об экологическом состоянии участка водного объекта принимается по биотическим показателям в соответствии с ГОСТ Р 57007 [8].

Возможности использования ПАН^{б}/динамики ПАН^{б} для оценки экологического состояния водных объектов:

1) Оценка качества/класса вод в любых створах исследуемых водных объектов в любой период года (рис. 5):

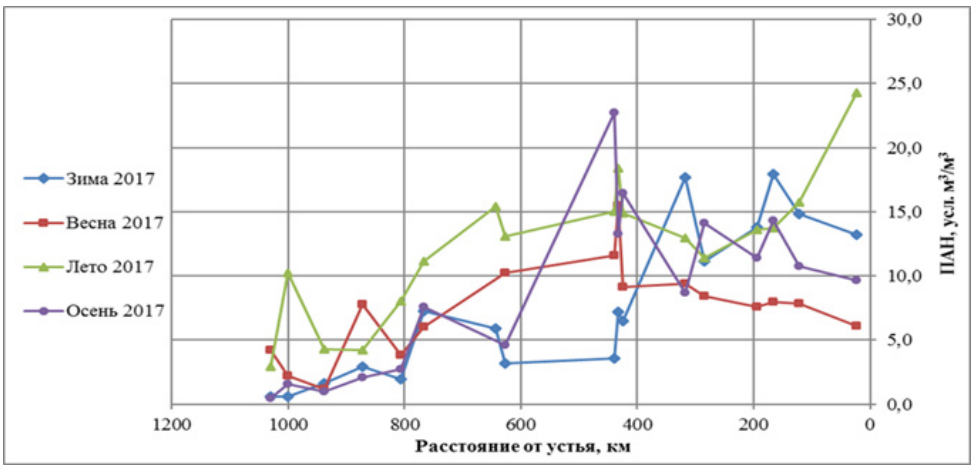


Рис. 5. Сезонная изменчивость качества вод р. Туры.

2) Высокая надежность результатов оценки динамики ПАН^{б} по среднегодовым данным, обоснование участков истощения качества воды реки, деградации экосистемы (рис. 6)

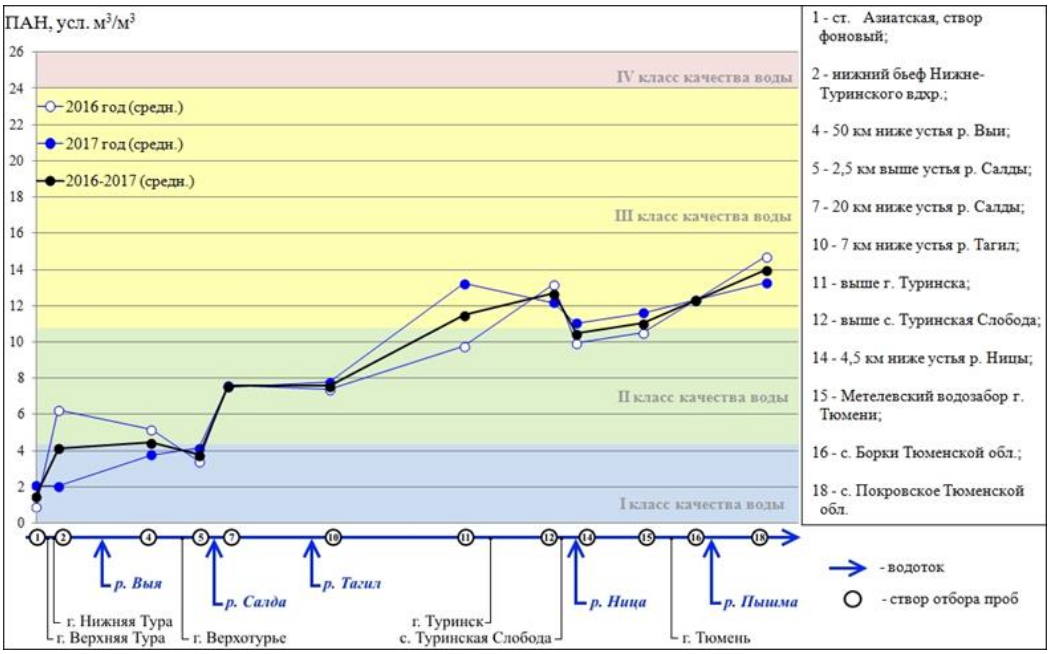


Рис. 6. Анализ динамики качества воды по среднегодовым ПАН^{б} р. Туры.

3) Анализ тренда хронографа ПАН^{б} за полный внутригодовой цикл изменения качества вод позволяет установить преобладание процессов самоочищения или истощения за исследуемый период, выявить региональный характер тренда качества вод в любом исследуемом створе (рис. 7):

4) Использование внутригодовой динамики ПАН^{б} в створах малопроточных водоемов обеспечивает выявление водных объектов, ухудшающих качество гидрологически связанных с ними водоемов, подлежащих реабилитации (рис. 8).

5) При отсутствии сбросов сточных вод использование внутригодовой динамики ПАН^{б} в створах малопроточных водоемов обеспечивает выявление загрязненной водосборки или вторичного загрязнения от донных отложений (рис. 9).

6) Анализ внутригодовой и межгодовой изменчивости ПАН^{б} для водотоков и водоемов обеспечивает региональное выявление чистых водных объектов или их участков и с антропогенной нагрузкой, приводящей к деградации водных экосистем (рис. 10).

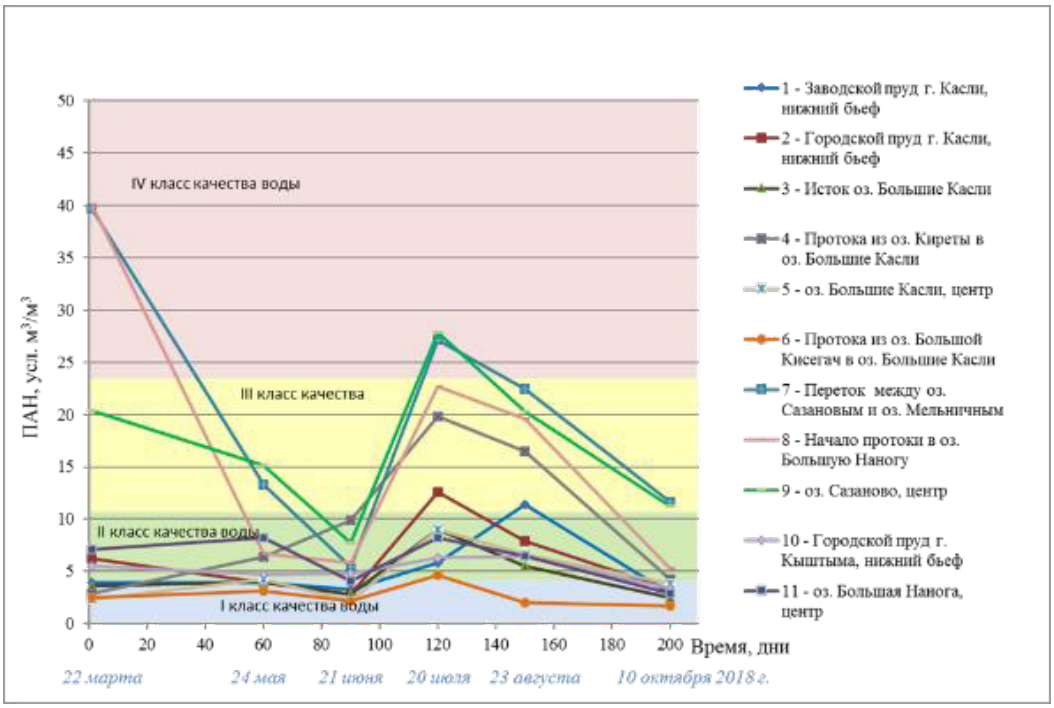


Рис. 7. Сводные данные по внутригодовой динамике ПАН[6] в створах Кыштымско-Каслинской системы озер.

7) Обеспечивается порядок корректировки государственного экономического регулятивного механизма за счет использования целесообразных водоохранных мероприятий.

8) Обеспечивается порядок обоснования целесообразных водоохранных мероприятий при регулировании водопользования на конкретных предприятиях.

9) Актуализируется эколого-экономическая целесообразность внедрения водоохранных мероприятий, предотвращающих ущерб, путем стимулирования превышения платежей за негативное воздействие до внедрения водоохранных мероприятий относительно затрат на мероприятие.

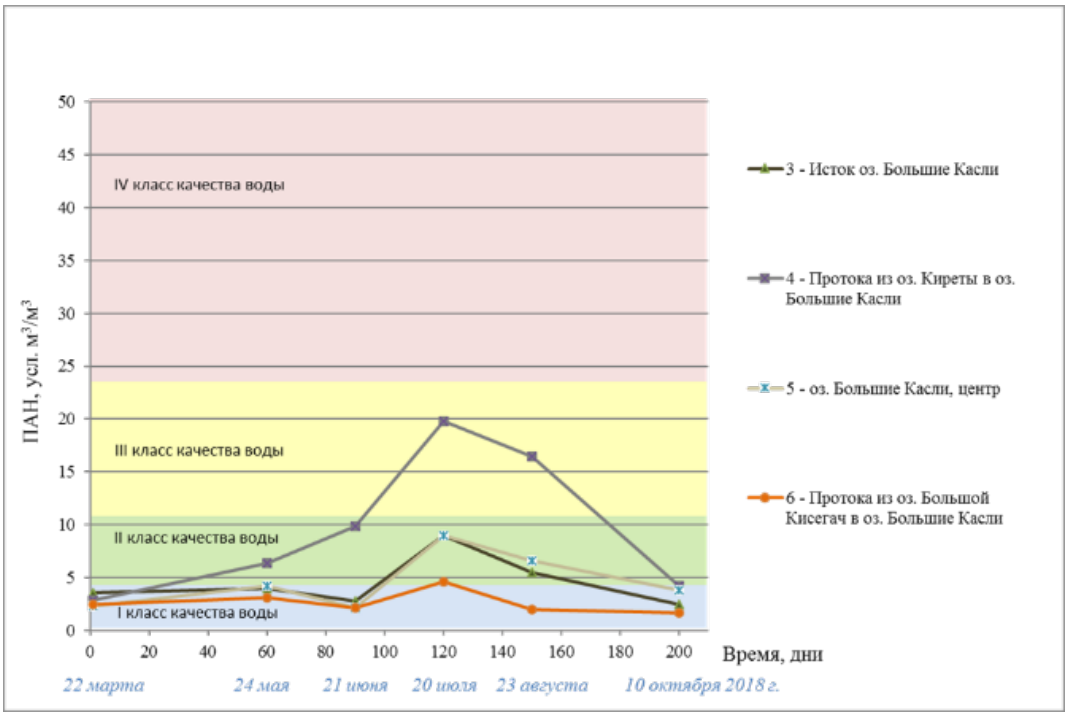


Рис. 8. Динамика ПАН[6] качества воды в центре озера Большие Касли, его притоков и истока.

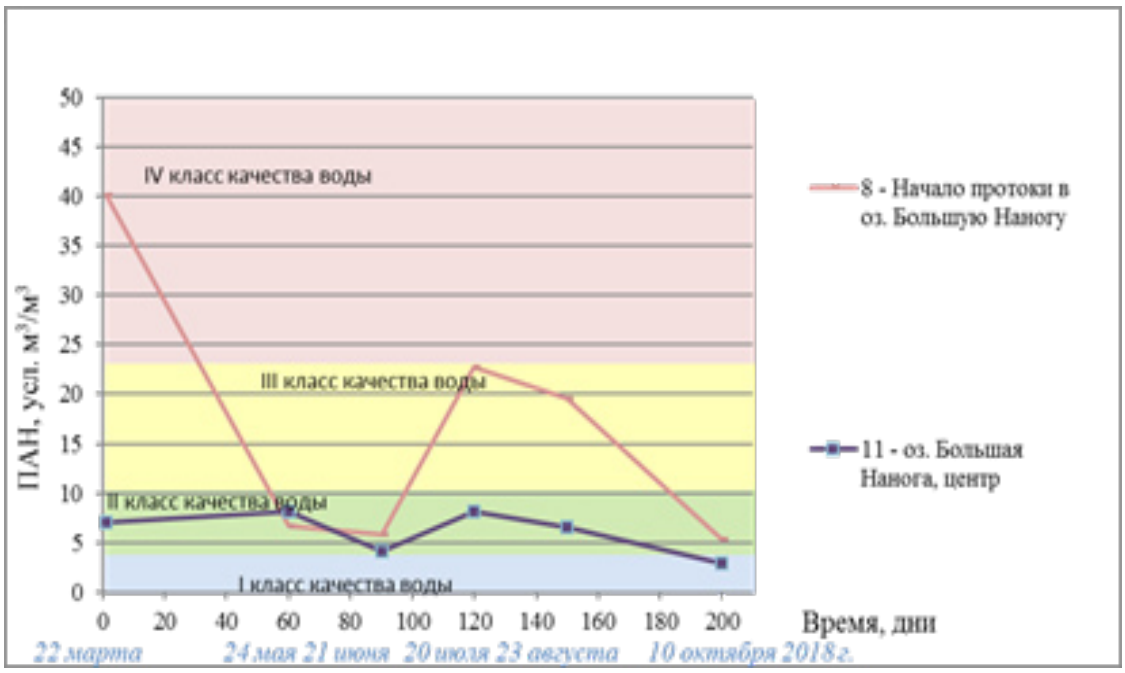


Рис. 9. Динамика ПАН[б] качества воды в загрязненной протоке.

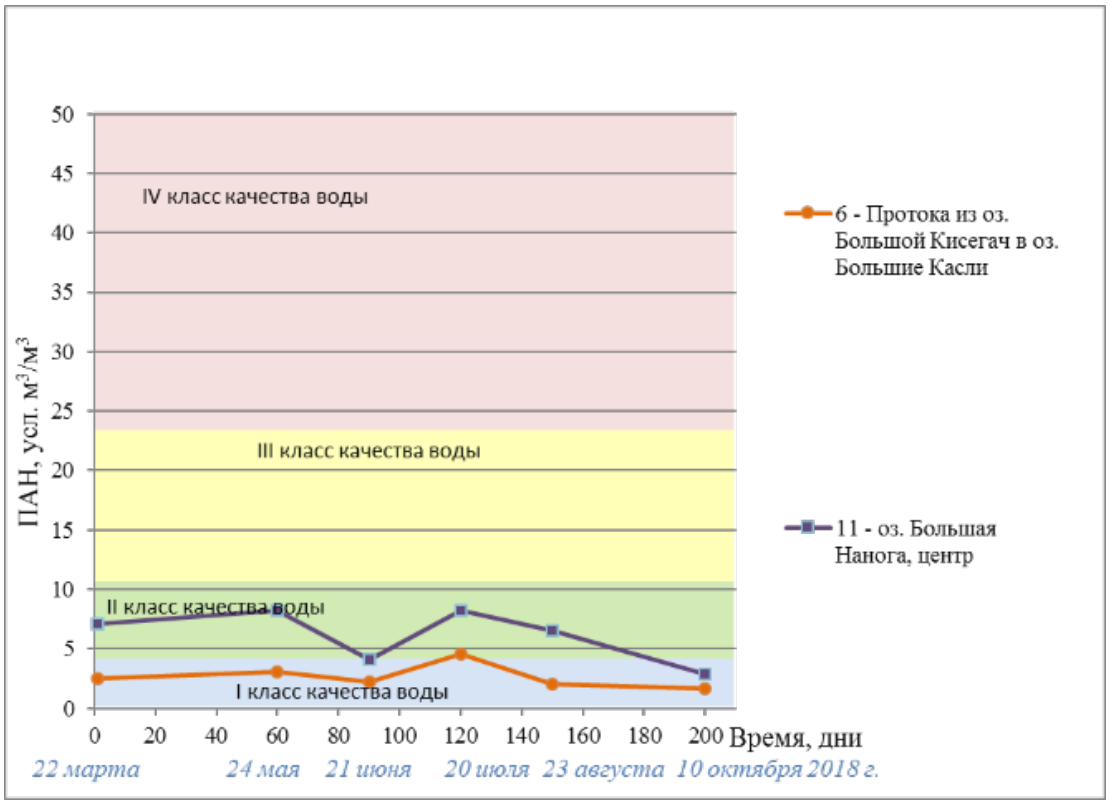


Рис. 10. Динамика ПАН[б] качества вод наиболее чистых створов исследованных водных объектов вблизи г. Касли и г. Кыштыма.

В настоящее время типовой порядок реализации водоохранных мероприятий включает следующие основные этапы:

- установление факта несоблюдения нормативов качества воды водного объекта в результате воздействия сточных вод по показателям относительно ПДКрх;
- выбор технологий из ряда доступных по снижению негативного воздействия.

В соответствии с разрабатываемой системой регулирования водопользования порядок реализации целесообразных водоохранных мероприятий должен включать следующие основные этапы:

- установление факта несоблюдения нормативов качества воды водного объекта по результатам контроля сточных вод субъекта хозяйственной деятельности по показателям I–II класса опасности;
- установление факта истощения вод или деградации водных экосистем;
- выбор технологий из ряда доступных по снижению негативного воздействия в соответствии с проектом ГОСТа ЭЭЦ.

Обоснование целесообразных водоохранных мероприятий по данным импактного мониторинга по базовым аналитам-маркерам выполняется на основе следующих норм общего действия (положений ГОСТ Р ОцКВ «Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций»):

– если установлено превышение процессов самоочищения на участке водного объекта над процессами истощения качества вод, то негативное воздействие хозяйственной деятельности объекта негативного воздействия (ОНВ) не оказывает вреда на водный объект. Сбросы соответствуют допустимым. Мероприятия в отношении базовых показателей качества сточных вод для ОНВ не целесообразны;

– если установлено нормативное превышение процессов истощения качества вод над процессами самоочищения, негативное воздействие хозяйственной деятельности ОНВ оказывает вредное воздействие на водный объект. Обоснование водоохранных мероприятий выполняется в результате исследования динамики качества вод нижерасположенных ОНВ под воздействием исследуемого ОНВ. Процедура реализуется при решении бассейновой водохозяйственной задачи или при разработке бассейновых программ;

– если установлено сверхнормативное превышение процессов истощения качества воды водного объекта над процессами самоочищения, негативное воздействие хозяйственной деятельности, ОНВ оказывает ущерб водному объекту. Мероприятия в отношении базовых показателей качества вод обязательны.

В случае, если действия по регулированию водопользования, выбору водоохранных мероприятий противоречат здравому смыслу (плата за свежую воду и экологические платежи меньше расходов по содержанию оборотной системы и др.), экономический механизм не является регулятивным и в обязательном порядке подлежит корректировке.

Для установления экологической результативности водоохранных мероприятий применяется укрупненная оценка эколого-экономической эффективности и целесообразности внедрения водоохранных технологий с использованием показателей – приведенных экологических затрат в расчете на единицу негативного воздействия (ЕВ) или производную характеристику от ЕВ. Использование этих показателей обеспечивает объективность эколого-экономических процедур сравнения технологий, обоснование цены одной единицы негативного воздействия, гибкую корректировку экономического механизма регулирования водопользования и стоимости воды.

При отсутствии стимулирующей роли уровня затрат на внедрение водоохранных мероприятий относительно платежей за негативное воздействие, корректируются действующие тарифы, стоимость воды в зависимости от качества.

При анализе процесса совершенствования экономического механизма формулируются нормы общего действия. В каждой отрасли выделяются технологии, обеспечивающие поддержание качества вод водных экосистем на уровне $ПАН^{б} < 10$ усл. $м^3/м^3$.

В итоге, всеми представленными действиями обеспечивается эколого-аналитическое сопровождение процедуры обоснования условий водопользования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая необходимость адекватной оценки состояния водных объектов в целях реализации мероприятий федерального проекта по их экологической реабилитации,

разработан общий порядок регулирования водопользования и алгоритм оценки по базовому показателю антропогенной нагрузки, основанному на параметрах импактного мониторинга по ограниченному перечню показателей, характеризующих отклики негативных воздействий.

Показана возможность унифицированного подхода к исследованию динамики ПАН^{б} для оценки качества как водотоков (динамика по течению реки в пространстве), так и водоемов (динамика во времени) под воздействием локальных и диффузных негативных воздействий от предприятий ЖКХ и отраслей промышленности, а также притоков.



Рис. 11. Потенциал для разработки нормативных документов на основе инструментария, разработанного в РосНИИВХ.

Применение ПАН^{б} позволяет с экологических позиций оценить качество вод в створах исследуемых водных объектов в любой период года, ранжировать качество вод водных объектов по классам с экологических позиций, выявить соотношение антропогенного воздействия и самоочищающейся способности водного объекта, степень истощения, региональный характер тренда качества вод. Показатели внутригодовой и межгодовой изменчивости ПАН^{б} для водотоков и водоемов обеспечивают региональное выявление чистых водных объектов и их участков с антропогенной нагрузкой, приводящей к деградации водных экосистем.

Оценка экологического состояния и тренда изменения качества вод поверхностных водных объектов с помощью ПАН^{б} обеспечит формирование необходимых–целесообразных мероприятий по реабилитации водных объектов или их участков, обоснование объективных условий водопользования, оценку по данным импактного мониторинга нормативов допустимого воздействия и их верификацию. Реализация данных работ обеспечит объективными целевыми показателями национальный проект «Экология», например, сколько км конкретной реки истощено, деградировано, соответствует нормативным требованиям.

Разработанный инструментарий обеспечит выявление причинно-следственных связей «негативное воздействие – качество воды водного объекта», обоснование оптимальных значений целевых показателей и индикаторов состояния экологической безопасности поверхностных водных ресурсов, а отдельные элементы разработанных стандартов могут

быть использованы при разработке нормативных документов для различных государственных служб (рис. 11).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федеральный закон от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с измен. от 2017 г.).
2 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Минсельхоза российской федерации от 13 декабря 2016 г. № 552. Зарег. в Минюсте России 13 января 2017 г. № 45203.
3 Единые критерии качества вод. СЭВ. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран – членов СЭВ. М. 1982.
4 ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
5 СанПиН 2.1.5.980-00 «2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод».
6 РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Введ. 03.12.2002 г. Взам. «Методических рекомендаций по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям». М., 2002. 24 с.
7 СП 11-102-97 «Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-экологические изыскания для строительства» / Свод правил Госстроя России, 1997.
8 ГОСТ Р 57007-2016 Наилучшие доступные технологии. Биологическое разнообразие. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.
9 ГОСТ 17.8.1.01-86 Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 8 с.
10 *Горюнова С. В., Суздалева А. А., Кучкина М. А.* Антропогенная деградация водных объектов и возможные пути ее предотвращения // Экология и развитие общества. Мат-лы XII международной конференции. Доп. выпуск. Спб.: МАНЭБ, 2009. С. 83–85.
11 *Суздалева А. Л., Горюнова С. В.* Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ООО ИД ЭНЕРГИЯ, 2014. 456 с.
12 РД 52.24.620-2000 Охрана природы. Гидросфера. Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометиздат, 2001. 22 с.
13 *Маркин В. Н., Раткович Л. Д., Соколова С. А.* Комплексное использование водных ресурсов и охрана водных объектов. Ч. 1. Уч. пос. М.: МГУП, 2015. 312 с.
14 *Гелашвили Д. Б., Карандашова А. А.* Принципы экологического нормирования антропогенной нагрузки на лотические экосистемы по показателям макрозообентоса // Изв. Самар. Науч. Центра РАН. 2002. Т. 2. № 4. С. 252–254.
15 *Горбачев С. А.* Вопросы оценки ущерба водным биоресурсам // Труды Кольского научного центра РАН, 2012. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-otsenki-uscherba-vodnym-bioresursam (дата обращения 6.10.2017).
16 *Левич А. П., Забурдаева Е. А., Булгаков Н. Г., Максимов В. Н., Мамихин С. В.* Лабораторные методы определения ПДК следует дополнить методами установления экологически допустимых нормативов вредных воздействий по данным экологического мониторинга // Мат-лы конференции «Критерии оценки качества вод и методы нормирования антропогенных нагрузок». Ч. 1. Борок: ИВП РАН, 2008. С. 92–107.
17 Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. № 87.

18 *Баканов А. И.* Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу // Водные ресурсы. 1999. Т. 26, № 1. С. 108–111.
19 *Безматерных Д. М.* Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: аналитический обзор // Серия «Экология» Сибирского отделения РАН. Вып. 85. Новосибирск, 2007. 95 с.
20 *Гелашвили Д. Б., Зинченко Т. Д., Выхристюк Л. А., Карандашова А. А.* Интегральная оценка экологического состояния водных объектов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Известия Самарского научного центра РАН. 2002. Т. 4. № 2. С. 270–275.
21 *Засыпкин П.Д., Ушакова О.С., Оболдина Г.А., Павлюк Т.Е.* Комплексный подход к оценке экологического благополучия водных экосистем // Водное хозяйство России. 2018. № 5. С. 86–100.
22 ГОСТ Р 57074-2016 Оценка эффективности водоохранной деятельности. М.: Стандартинформ, 2016. 23 с. Режим доступа: URL: https://allgosts.ru/13/060/gost_r_57074-2016 (дата обращения 04.09.2019).
23 ГОСТ Р 57075-2016 Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности. М.: Стандартинформ, 2016. 19 с. Режим доступа: URL: http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751839.pdf (дата обращения 20.03.2019).
24 *Оболдина Г. А., Самбурский Г. А., Попов А. Н.* Оценка экологического состояния водных объектов: унифицированные подходы для выполнения задач национального проекта «Экология» // Водное хозяйство России. 2019. № 4. С. 32–56.
25 *Оболдина Г.А., Попов А.Н.* Исследование вопросов технического регулирования водопользования / ФГУП РосНИИВХ – 45 лет: наука и практика водного хозяйства / под общей ред. Н. Б. Прохоровой. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2014. С. 399–423.
26 *Сечкова Н.А., Оболдина Г.А., Попов А.Н.* Использование комплексных критериев качества для оценки экологической безопасности водохозяйственной деятельности // Водное хозяйство России. 2015. № 6. С. 37–53
27 *Касимова Е.М., Оболдина Г.А., Попов А.Н.* Совершенствование экономического механизма регулирования водопользования на основе комплексных показателей, используемых при внедрении наилучших доступных технологий // Водное хозяйство России. 2015. № 6. С. 54–66.
28 Оболдина Г. А., Поздина Е. А., Самбурский Г. А. Стандарты – инструментарий экологического сопровождения регулирования водопользования // Водное хозяйство России. 2019. № 3. С. 6–19.
29 *Плутахин Г. А., Мачнева Н. Л., Трохимчук Н. Н.* Интенсификация культивирования хлореллы с использованием нано-частиц железа // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 126 (02).
30 *Булгаков Н. Г., Левич А. П., Максимов В. Н.* Региональный экологический контроль на основе биотических и абиотических данных мониторинга. Ч. V: Уч. пос. / под ред. проф. Д.Б. Гелашвили. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2003. С. 93–259.
31 *Замолодчиков Д.Г., Булгаков Н.Г., Гурский А.Г., Левич А.П., Чесноков С.В.* К методике применения детерминационного анализа для обработки экологических данных // Биологические науки. 1992. № 7. С.116–133.
32 *Левич А.П.* Биотическая концепция контроля природной среды // Доклады РАН. 1994. Т. 337. № 2. С.280.
33 *Левич А.П., Терехин А.Т.* Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на экосистемы // Водные ресурсы. 1997. № 3. С. 328–335.
34 *Максимов В.Н., Левич А.П., Булгаков Н.Г., Милованова Г.Ф.* Детерминационный анализ связей в биотическом и абиотическом компонентах экосистемы и между этими компонентами // Известия РАН. Сер. биол. 1999.
35 *Савельев О. В., Чеснокова С. М.* Оценка допустимой антропогенной нагрузки малых водотоков по их самоочищающей способности // Проблемы региональной экологии. 2011. № 1. С. 6–12.

36 *Лаврентьева Г. В., Рева Е. В., Сынзыныс Б. И.; Мирзеабасов О. А.; Рогуленкоо А. В.* Технология оценки экологического риска для малой реки // Вестник Российской академии наук. 2011. № 4. С. 28–36.
37 *Злывко А. С.* Исследование загрязнения и самоочищающей способности малых водотоков урбанизированных территорий: автореф. … канд. биол. наук. Владимир, 2013. 23 с.

УДК 556.51:502/504

РЕАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПОЛОЖЕНИЙ КОНЦЕПЦИИ О РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Попов А.Н.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
pan1944@rambler.ru

Ключевые слова: реабилитация водоема (озера, водохранилища), реабилитация водотока, озеро Шарташ, Верх-Исетское водохранилище, эвтрофирующий водоем.

Анализ современной ситуации показывает, что в Российской Федерации под влиянием хозяйственной деятельности на фоне изменения водности происходит деструктуризация водных экосистем, что вызывает негативные изменения и в других, связанных с водной, экосистемах: наземной, воздушной, подземной. По существу происходит ресурсное истощение водных бассейнов, в результате чего они становятся неспособными поддерживать биоразнообразие, сбалансированность и устойчивость водной и наземной экосистем. Сложилась парадоксальная ситуация: несмотря на огромные запасы водных ресурсов, страна оказалась в тяжелейшей ситуации по водообеспечению населения и отраслей промышленности водой необходимого качества и в необходимом количестве.

IMPLEMENTATION OF SOME PROVISIONS OF THE CONCEPT OF WATER BODIES REHABILITATION

Popov A.N.
Russian Research institute for Integrated Water Management and protection, Ekaterinburg, Russia
pan1944@rambler.ru

Key words: water body (lake, water reservoir) rehabilitation, watercourse rehabilitation, the Lake Shartash, Verkh-Iset Reservoir, eutrophicated water body

Analysis of the current situation shows that in the Russian Federation undr the influence of economic activities on the background of watercontent changes the water systems' destructurizing occurs. This result in negative consequences in other ecosystems connected with water ecosystems, namely, ground, air, and underground. Actually, the water basins resource depletion takes place. Because of this, the water basins appear to be unable to maintain biodiversity and acquatic and ground balances sustainability. Now we see the paradoxal situation; in spite of enourmous rserves of water resources this country appeared to be in the most critical conditions in terms of qualitatively and quantitative adequate water supply for population and industry.

При антропогенизации бассейна происходят изменения, способствующие формированию качественно новой его биогеоэкосистемы, которая значительно отличается по своим способностям поддерживать сбалансированное и устойчивое существование биоты от сложившейся в процессе эволюции.

Происходящее изменение экосистемы бассейна влияет на весь геохимический комплекс. Этот процесс может продолжаться до полной деградации бассейна, если не изменить формы и качества антропогенного воздействия на него.

В РФ сложилась ситуация, характеризуемая следующим состоянием водных объектов: на освоенной территории России практически нет водных объектов, в которые человек мог бы войти, не опасаясь за свое здоровье.

Реализуя положения «Концепции реабилитации водных объектов» об общей методологии реабилитации водных объектов, учитывая разнообразие и различие физических

и биологических процессов, в них протекающих, были разработаны: «Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоемов (озера, водохранилища)», «Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водотоков», «Пособие по экспертизе проектов, направленных на реабилитацию водоемов (озера, водохранилища)», «Пособие по экспертизе проектов, направленных на реабилитацию водотоков», «Пособие по расчету допустимого привносу биогенных веществ для водоемов с умеренным и замедленным водообменом». Последнее является одним из необходимых разделов для разработки методического обеспечения по расчету нормативов допустимого воздействия по привносу химических и взвешенных веществ для водоемов с умеренным и замедленным водообменом».

1. Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоемов (озера, водохранилища).

«Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоемов (озера, водохранилища)» разработано для озер и водохранилищ с замедленным, умеренным и повышенным водообменом, подверженным эвтрофикации, либо не подверженным эвтрофикации, но загрязняемым специфическими ингредиентами, либо подверженным и эвтрофикации, и загрязнению. Помимо классификации по проточности, эти водные объекты разделены на оптически мелководные и средне-глубоководные, и глубоководные, отличающиеся трофическим статусом и видовым составом продукции внутриводоемных процессов (фитопланктон, высшая водная растительность).

В основе данного «Пособия…» лежит балансовый метод. Для эвтрофируемых водоемов производится определение удельной фосфорной нагрузки, основных потоков фосфора (внешних и внутренних), определяется его годовой баланс, трофический уровень, оценка необходимого снижения биогенной нагрузки, ранжирование потоков, выделение наиболее существенных, выбор методов их инактивации , прогноз состояния водоема после данной процедуры и корректировка степени инактивации источников, если ожидаемый результат не достигнут. При этом учитываются возможности НДТ.

Для водоемов, не подверженных интенсивной эвтрофикации, но загрязняемых техногенными ингредиентами, оценивается фактическое состояние по интегральному Показателю Антропогенной Нагрузки (ПАН) с экологических позиций, определяющему, в соответствии с ГОСТ Р 575075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности. М.: Стандартинформ, 2016» , классы качества воды по значениям пороговых ПАН при наличии в воде не только базовых показателей, но и показателей экотоксичности, поступление годового количества ингредиентов из внешних и внутренних источников и величина общего ПАН и его составляющие (ПАН, формируемый каждым из загрязнителей Производится внутреннее ранжирование ПАН по ингредиентам, определяются оказывающие наиболее значимое воздействие. Далее по величине ПАН ранжируются источники загрязнения, выделяются наиболее значимые, выбираются методы их инактивации и рассчитывается снижение количества поступающего ингредиента в водоем, уменьшение величины ПАН лимитирующего показателя воздействия при той или иной степени изъятия соответствующего ему ингредиента выбранным методом (с учетом НДТ), а также изменение их концентрации в водоеме и ПАН в целом для водного объекта.

При совокупном воздействии антропогенной деятельности (эвтрофирование и загрязнение химическими ингредиентами) выполняются все перечисленные выше процедуры.

Излагаемое «Пособие …» содержит следующие разделы: – Введение, Общие положения, Определение поступления фосфора общего в водоем с русловым стоком, Расчет поступления фосфора с поверхностным стоком с водосборной площади в водоем, не дренируемой водотоками и дренажной сетью, выпусками ливневых и дренажных вод, Определение поступления техногенных ингредиентов в водоем из внешних источников, Определение поступления биогенных элементов (общего фосфора) и техногенных

ингредиентов в водоем из внутренних источников (детальный и упрощенный), Определение трофического уровня водоема и его гидрохимического состояния, Выбор методов реабилитации, список использованных источников и приложения (11 наименований), методически обеспечивающие получение необходимых данных и содержащих примеры апробации « Пособия…». Приведены примеры апробации Предлагаемого «Пособия …» при разработке реабилитационных мероприятий для оз. Шарташ, Верх-Исетского и Северского водохранилищ.

1.1. Озеро Шарташ

Для озера Шарташ (интенсивно эвтрофирующего водоема) произведена оценка его состояния после реализации восьми, рассматриваемых в проектных организациях реабилитационных мероприятий: – изменение проточности; – удаление донных отложений; – предотвращение внешнего загрязнения фосфором; – химическая коагуляция фосфора; – техническое изъятие продукции макрофитов; – создание экосистемы с высокой продукцией рыб-макрофитофагов и рыб-фитопланктонофагов и интенсивный их вылов; – повышение уровня водоема. Для данного водоема значимый эффект достигается только при удалении донных отложений или повышения уровня на 2 метра. При этом «Пособие …» позволяет рассчитать необходимое и достаточное количество удаляемых донных отложений для достижения задаваемого уровня трофии. Повышение же уровня озера на 2 метра возможно только теоретически.

1.2. Верх – Исетское водохранилище

Для Верх-Исетского водохранилища,– резервного питьевого водоема г. Екатеринбурга, расположенного на р. Исеть и на 60% в черте города, высокоэвтрофного и загрязняемого техногенными элементами, на основании проведенных, согласно «Пособию…», исследований проведен анализ эффективности заложенных в разработанный проектной организацией проект по реабилитации водоема.

В проект включено: Прекращение сброса в пруд промывных, шламовых и поверхностных вод с территории ГСВ; Прекращение сброса после шламонакопителя ЗФС через оз. Здохня в пруд отстоянных промывных и шламовых вод; Санация и благоустройство территории левобережной части пруда, защита от загрязнения почв и грунтовых вод - точки 2,3 (строительство ливневой канализации); Прекращение выпуска в пруд поверхностных вод с селитебных территорий, санация и благоустройство территорий района в границах прибрежной защитной полосы правобережной части пруда – точки; Предотвращение поступления в пруд производственных и поверхностных вод с территории станции; Прекращение выпуска в пруд промывных, шламовых и поверхностных вод с территории фильтровальной станции подготовки питьевой воды; Организация прибрежной защитной полосы пруда; отбор нефтепродуктов из пласта по «методу спаренных откачек».

Наиболее значимые загрязнения (аналиты), в воде водоема: ХПК, Медь, $БПК_5$, Марганец, Цинк, Железо, Алюминий, Свинец, Кадмий, Азот общий, Фосфор общий, Нефтепродукты, Взвешенные вещества.

Проведенные же в соответствии с «Пособием …» исследования показали, что основным фактором формирования состояния водохранилища являются объекты, не охваченные реабилитационными мероприятиями – р. Исеть с притоками, а не перечисленные выше источники. В частности, в водохранилище с водой р. Исеть поступает (в %): ХПК – 90,2, Медь – 91, $БПК_5$ – 86,0, Марганец – 71,0, Цинк – 97,0, Железо – 89,6, Алюминий – 64,0, Свинец – 92.0, Кадмий – 81,0, Азот общий – 67,0, Фосфор общий – 60,0, Нефтепродукты – 77,0 , Взвешенные вещества – 84,0.

Таким образом, реализация мероприятий, предлагаемых в проекте, не решает коренным образом улучшение состояния водоема. Основные мероприятия должны быть направлены на предотвращение загрязнения р. Исеть и притоков, не исключая при этом реализации ряда намеченных проектом мероприятий.

На основе результатов проведенных исследований проанализирована эффективность высказанного рядом проектных организаций предложения об очистке водоема от донных

отложений (10 млн $м^3$). Расчеты, проведенные в соответствии с заложенными в «Пособии …» положениями, показали, что без решения вопроса о снижении поступления загрязнений с водами р. Исеть, удаление донных отложений не приведет к улучшению трофического и гидрохимического состояния водоема, а еще и без решения проблем, рассматриваемых в проекте, к ухудшению гидробиологического состояния водохранилища.

1.3. Северское водохранилище

Северское водохранилище, имеющее объем 12 млн $м^3$, является примером водоема, подверженного интенсивному загрязнению химическими веществами из различных источников, слабоэвтрофного. Акваторию водохранилища можно поделить на два рукава: Северный и Южный.

Северный рукав, который расположен в затопленном русле реки Северушки и протягивается от впадения р. Северушки в водохранилище до нижнего бьефа водохранилища и Южный рукав, который располагается от плотины Северского пруда на юг до железнодорожного полотна, проходящего по дамбе между Железянским заливом и основной акваторией южного рукава Северского водохранилища и далее до впадения р. Железянки.

Южнее дамбы расположена южная часть южного рукава - Железянский залив (пруд Теплый).

В северный рукав с севера впадают рр. Северушка, Гремиха, с запада р. Зюзелька, небольшой ручей – так называемая «Мертвая река», а также ряд мелких временных водотоков.

В южный – р. Железянка, принимающая бытовые сточные воды г. Полевского.

На северном и северо-восточном берегу расположена территория г. Полевского и пос. Северского.

Состояние водохранилища характеризуется значительными концентрациями ионов магния, цинка, меди алюминия марганца, железа, сульфатов, фторид -ионов и в целом-минерализации.

Более ранние исследования, направленные на разработку реабилитационных мероприятий, проводились, по требованиям заказчиков, в южном рукаве. Там же планировались и реабилитационные мероприятия.

Исследования, проведенные в соответствии с «Пособием …», показали следующее:

По результатам анализа полученных результатов можно выделить несколько крупных зон в Северском водохранилище.

Первая зона включает в себя акваторию водоема в районе станций 5 и 8 (рисунок 1). Они очень похожи по структуре доминирования и по трофической структуре доминирующей группы организмов. Вторая зона водоема включает в себя северную часть акватории в районе станций 12 и 15, чья трофическая структура и доминирование очень близки. Третья зона водохранилища сформировалась как переходная между первой и второй, включает в себя прилегающую к станции 10 акваторию.

Выделение трех зон в Северском водохранилище базируется не только на отличии химического состава воды, но и на функциональной реализации экологических процессов в этих зонах водохранилища. Речь даже можно вести о трех разных водоемах в пределах одного водного объекта, настолько существенны обнаруженные отличия в происходящих экологических процессах. Обнаруженные особенности состоят в следующем:

1. Южный рукав Северского водохранилища – определяющим видом антропогенного воздействия на этот участок водоема является органическое загрязнение бытовыми сточными водами Железянского залива. Многолетнее воздействие этого загрязнения привело к формированию детритных цепей питания в донных бентоценозах –. превышения деструкции над продукцией органического вещества. водная экосистем южного рукава характеризуется неблагополучными условиями среды (изменение уровней воды, сильная эвтрофикация, антропогенное загрязнение) [105].

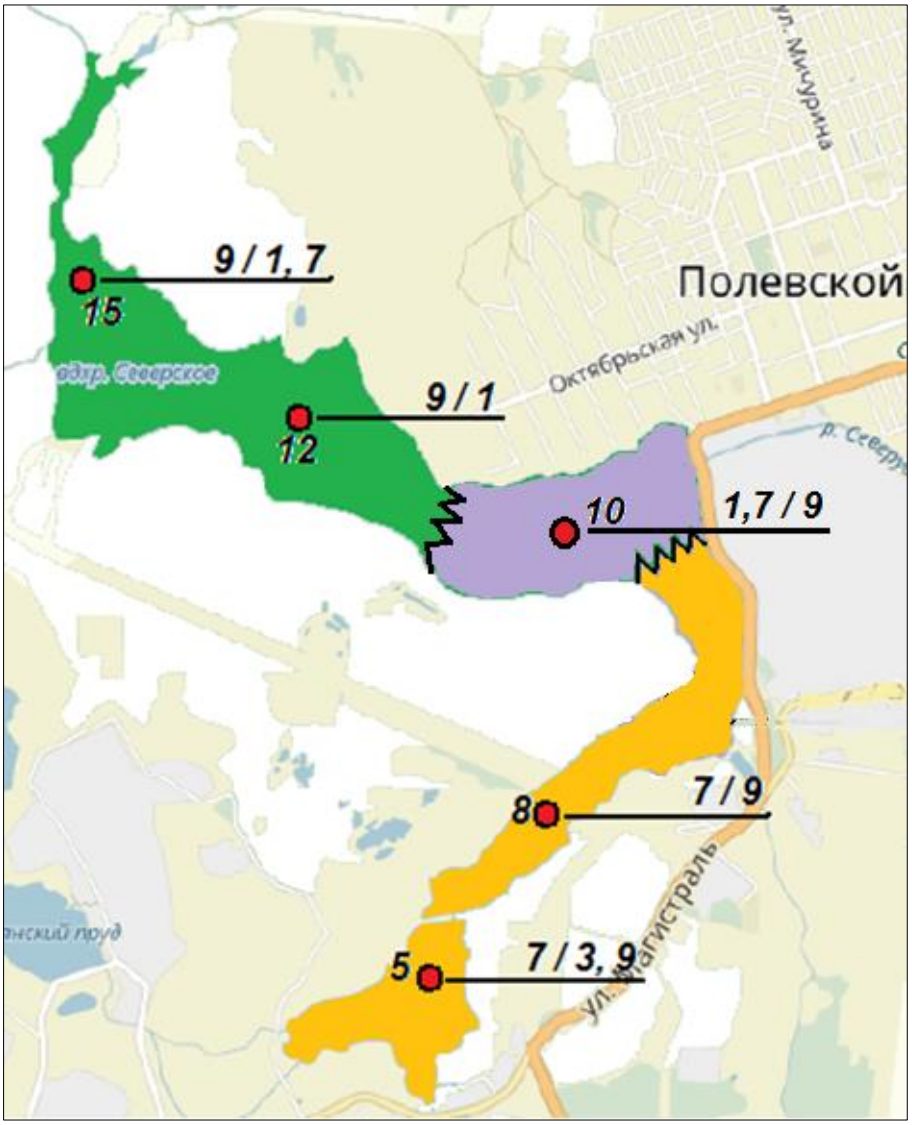


Рис. 1. Экологические зоны Северского водохранилища по доминированию трофических групп макрозообентоса: в числителе – номер трофических групп доминантов; в знаменателе – номера групп субдоминантов. Ст. 5, 8 – экосистема пищевой цепи детритного типа; ст. 12, 15 – экосистема пищевой цепи пастбищного типа; ст. 10 – экосистема переходного типа со смешанными цепями питания.

2 Северный рукав Северского водохранилища – определяющим облик и функционирование этого участка водоема является химическое загрязнение воды солями тяжелых металлов с территории водосбора правого берега. В данном случае такое специфическое воздействие на водную экосистему вызвало локальную ацидофикацию водоема. Следствием этого стало уменьшение биологического разнообразия бентоценозов и к преобладанию пастбищных пищевых цепей, снижению скорости деструкции органического вещества [104].

3 Приплотинная зона Северского водохранилища – гидробиоценоз смешанного типа, имеющего признаки как северного, так и южного рукавов водохранилища.

Установлены все источники (внешние, включая водосбор и внутренние) поступления загрязнения в водоем.

На основе результатов исследований, проведенных в соответствие с «Пособием…», установлена доля каждого воздействующего на водоем источника поступления загрязнений. Для примера в табл.1 показана дифференциация влияния 3-х из десятка отслеженных источников загрязнения и выделение лимитирующих показателей в притоках.

Табл. 1. Пример расчета по фактическим гидрохимическим данным величины ПАН и определения лимитирующих показателей действия притоков, впадающих в Северское водохранилище

Водосток из Штангового пруда Лимитирующие показатели воздействия	МЕСЯЦ							∑ПАН / % от суммы ∑ПАН
	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	76,7 / 0,013
	ХПК, $Fe_{общ}$, Cu^{2+}	Cu^{2+}, Mn^{2+}, $Fe_{общ}$	ХПК, Mn^{2+}, Al^{3+}	pH, ХПК, Cu^{2+}, Mn^{2+}	Mn^{2+}, $Fe_{общ}$, Cu^{2+}	Mn^{2+}, $Fe_{общ}$, Al^{3+}	Mn^{2+}, $Fe_{общ}$, Al^{3+}	
Новое русло р. Железянки Лимитирующие показатели воздействия	Взв. вещ., Mn^{2+}, ХПК, pH, F^-	$N(NO_2^-)$, Mn^{2+}, $N(NH_4^-)$	$N(NO_2^-)$, Al^{3+}, Mn^{2+}	ХПК, Mn^{2+}, $N(NO_2^-)$, Al^{3+}, $Fe_{общ}$,	$N(NO_2^-)$, Mn^{2+}, $P_{общ}$, $N(NH_4^-)$	Mn^{2+}, взв. вещ., Al^{3+}, $N(NH_4^-)$, $Fe_{общ}$,	Al^{3+}, Mn^{2+}, $N(NH_4^-)$, $P_{общ}$	593 / 0,101 %
«Мертвая река» Лимитирующие показатели воздействия	$Fe_{общ}$, Mn^{2+}, Cu^{2+}, F^-, Zn^{2+}	$Fe_{общ}$, Cu^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}	Al^{3+}, $Fe_{общ}$, F^-, Mn^{2+}, Cu^{2+}	Al^{3+}, $Fe_{общ}$, F^-, Mn^{2+}, Cu^{2+}	Al^{3+}, $Fe_{общ}$, F^-, Mn^{2+}, Cu^{2+}	Al^{3+}, F^-, $Fe_{общ}$, Cu^{2+}, Mn^{2+}	Al^{3+}, F^-, $Fe_{общ}$, Mn^{2+}, Cu^{2+}	568369 / 96,75 %

На основе результатов исследований были предложены мероприятия, необходимые для реабилитации южного и северного рукавов водохранилища. Следует отметить, что ни в каких-либо ранее предлагаемых в течение не менее 20 лет проектах улучшения состояния водоема предложенные мероприятия не рассматривались вследствие недопонимания конкретной ситуации.

Предложенные мероприятия направлены на рекультивацию части водосбора, инактивацию подземного стока, очистку южного рукава от некоторого объема донных отложений с формированием биоинженерного сооружения, нейтрализацию кислого стока, поступающего в северный рукав либо с отведением его в существующий шламонакопитель, либо с доочисткой на биоинженерном сооружении, рекомендованном для северного рукава.

2. Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водотоков

Первопричиной оценки необходимости реабилитации водотока служит информация о фиксируемых длительное время отклонениях в его состоянии или ухудшение качества воды (проблемы в водоподготовке), изменении состояния экосистемы (самое очевидное – уменьшение рыбопродуктивности). При том или ином воздействии на водоток, в первую очередь, на основе мониторинговой информации или натурных исследований оценивается его состояние, в том числе и русловых процессов. Анализ причин, вызывающих нежелательные с точки зрения водоснабжения и использования рекреационных и биологических ресурсов изменения состояния естественных поверхностных водотоков показал, что они могут быть как антропогенного, так и естественного характера.

Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водотоков основано на анализе степени нарушения выше упомянутых характеристик, анализе и ранжировании их причин. На основании последнего производится подбор мероприятий, определение необходимой и достаточной степени их реализации для достижения задаваемых параметров, прогноз состояния реки после их реализации и корректировка (при необходимости).

Приведены примеры выбора методов реабилитации водотоков.

Рекомендуется для использования при разработке мероприятий по реабилитации поверхностных водотоков.

Рассмотрена совокупность следующих видов воздействия (антропогенного и природного) на речные системы: – спрямление речных русел; – добыча гравия и песка из русла; – добыча драгоценных металлов и камня из русел дражным способом; – разрыв речного континуума путем строительства гидротехнических сооружений; – истощение водных ресурсов вследствие их чрезмерного изъятия; – засорение русел топляком при сплаве древесины, травой, мусором, технологическими, строительными и бытовыми отходами; – загрязнение реки сточными водами, в т.ч. ливневыми с территории городов и поступающими с водой притоков; – загрязнение реки поверхностным стоком с территории водосбора; – загрязнение реки поверхностным стоком с территории водосбора при гидравлической добыче драгоценных металлов и камней; – тепловое загрязнение воды; – снижение водоудерживающей удерживающей способности речных бассейнов; – засорение русла реки в результате естественных природных процессов (оползни, ветровал, жизнедеятельность животных и пр.); – влияние накопленного экологического ущерба.

Степени нарушения при загрязнении поверхностных вод и изменения состояния водной экосистемы при антропогенной нагрузке, способствующей указанным изменениям:

– Низкая – речная экосистема находится в хорошем естественном состоянии, не испытывающем, или слабо испытывающем антропогенное воздействие от загрязнения воды – ИТК > 20,58; ПАН =< 10,8

– Средняя – речная экосистема испытывает умеренную антропогенную нагрузку из-за постоянного присутствия источника (причины)загрязнения вод и изменения состояния экосистемы – 13,72 < ИТК < 20,57; 10,8 < ПАН < 24,0.

– Высокая – речная экосистема подвержена сильной деградации из-за высоких концентраций загрязняющих веществ в сточных водах или других воздействий – ИТК < 13,72; ПАН >= 24,0.

2.1 Определение кризисных участков и необходимости проведения на водотоке реабилитационных работ

Производится сбор мониторинговой информации, на основе которой формируется оценка общего состояния проблемного водотока или его участков и представление о видах антропогенного воздействия на него. На основании положений, закрепленных в табл.2, определяются: – оцениваемый показатель; – виды исследований, необходимые для оценки состояния и принятия решения о необходимости реабилитации при определенных видах воздействия.

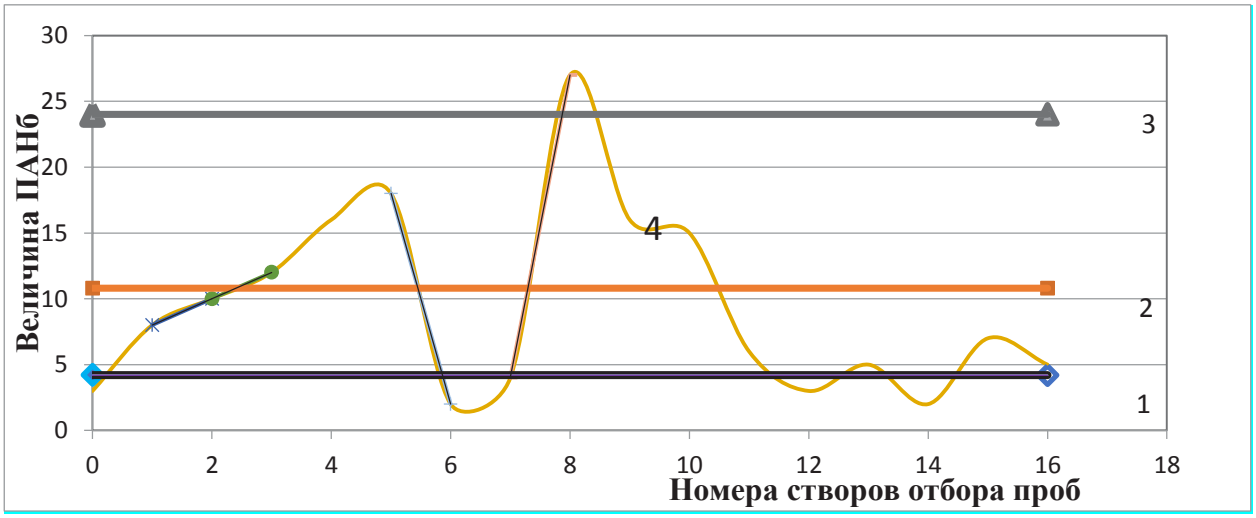


Рис. 2. Изменение величины ПАН для различных участков условного водотока.

Примечание:

– горизонталь 1 – верхняя граница ПАН для первого класса качества воды;

– горизонталь 2 – верхняя граница ПАН для второго класса качества воды;

– горизонталь 3 – верхняя граница ПАН для третьего класса качества воды;

– кривая 4 фактические значения ПАН для исследуемых участков.

Проводятся рекогносцировочные гидрохимические и гидрологические исследования на всех водохозяйственных участках водотока, для которых рассчитывается фактическая величина ПАН в начале и конце участка.

Табл. 2. Виды воздействий, оцениваемый показатель, виды исследований, степени изменения, необходимость в реабилитации

№ пп	Виды воздействия	Оцениваемый показатель	Виды исследований, необходимые для оценки состояния и принятия решения о необходимости реабилитации	Степени изменения	Необходимость в реабилитации
1	Спрямление речных русел.	Изменение русловых процессов: усиление интенсивности размыва русла, увеличение количества местного твердого стока и последующее отложение наносов на нижерасположенном участке, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций.	**1.** Изучить на карте вид реки в плане и сравнить историческую карту с современной, определить, являются ли изменения результатом инженерных работ и т.д. **2.** Оценить изменения русловых процессов: морфологических изменений русла, определение зон наносов, намыва и подмыва берегов, переформатирования дна, плановые изменения, деформации русла как по профилю, так и в плане, гидрология /7/. Экосистемные исследования. **3.** Желательно иметь информацию о состоянии реабилитируемой реки или участка на уровне периода, предшествующего изменению водотока в результате вмешательства (гидрология, профиль и план русла, гидрохимия, состояние экосистемы.	Усиление интенсивности размыва русла, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций от 0 до 15% от протяженности участка включительно, увеличение местного твердого стока на участке на 15 %.	Не требуется
				Усиление интенсивности размыва русла, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций от 15% и выше протяженности участка, увеличение местного твердого стока на участке более, чем на 15 %.	Требуется

Фактические величины ПАН накладываются на график, построенный в координатах: – длина реки(участка) с нанесенными точками отбора(ось абсцисс) – величина ПАН (ось

ординат)(рис.2) На нем проведены три прямые, параллельные оси X: одна из ординаты 4,2 (максимальное значение ПАН для 1-го класса качества воды – прямая 1), вторая – из ординаты 10,8 (максимальное значение ПАН для 2-го класса качества воды – прямая 2) третья – из ординаты 24,0((максимальное значение ПАН для 3-го класса качества воды – прямая 3).

Опираясь на данные, представленные на рис. 2, можно сделать заключение, что в реабилитационных мероприятиях различного уровня, ведущие к снижению ПАН, нуждаются участки от 2-го створа до пятого, от седьмого до десятого и от 14 до 15.

Для этих участков определяются конкретные виды антропогенного воздействия, оказывающие негативное влияние на состояние водотоков.

Проводятся необходимые исследования, на основании которых определяется, в соответствии с табл. 2, степень изменения, произошедшая в водотоке и необходимость в проведении реабилитационных работ. (Табл.2 представлена в сокращенном варианте).

Целевыми показателями при реабилитации водотоков с измененными параметрами, является состояние, соответствующее показателю, при котором необходимость в реабилитации отсутствует .

В табл. 3 (Представлена на один вид воздействия) показаны виды воздействий, степени изменения, требующие проведения реабилитационных мероприятий, перечень реабилитационных мероприятий, позволяющих решить задачу

Апробация «Пособия …» проводится на р. Туре.

Река Тура находится в Западной Сибири, является левым притоком р. Тобол, относящегося к гидрографической сети Арктического бассейна (Исеть – Тобол – Иртыш – Обь). Река Тура протекает по территории Свердловской области (70%), далее последние 260 км протекает по Тюменской области и впадает в р. Тобол в 256 км от его устья. Общая длина реки Тура – 1030 км, площадь водосбора – 80,4 тыс. км^2. Расстояние от устья до наиболее удаленной точки речной системы (исток р. Тагил) 1057 км, общее падение на этом расстоянии 477,5 м, средний уклон 0,4 ‰, средневзвешенный уклон 0,1 ‰. Речная сеть бассейна хорошо развита, густота речной сети 0,14 км/км^2.

Табл. 3. Виды воздействий, степени изменения, требующие проведения реабилитационных мероприятий, необходимые реабилитационные мероприятия

Виды воздействия	Изменения, требующие проведения реабилитационных работ	Виды реабилитационных воздействий при различных степенях изменений
Спрямление русел	Усиление интенсивности размыва русла, перераспределение уклонов и изменение характера русловых деформаций от 15 % и выше протяженности участка, увеличение местного твердого стока на участке более, чем на 15 %. Свыше 15 % протяженности участка реки имеют изменение плановой конфигурации, продольного и поперечного профиля участка реки	**1** Мероприятия, направленные на возвращение плановой конфигурации участка реки, его продольного и поперечного профиля к исходным(до спрямления) на 85 % его протяженности (уменьшение скоростей на участке за счет уменьшения уклонов, что может быть достигнуто удлинением пути воды за счет меандрирования. **2** Удаление отложившихся отложений наносов на нижерасположенном участке до уровня естественного залегания русла. **3** Возможная очистка старого русла до уровней естественного залегания и другие русло-восстановительные работы. **4** Прогноз состояния после реабилитации. Разработка системы мониторинга. Мониторинг.

Для определения степени деградации и выбора мероприятий были проанализированы участки р. Тура по следующим по всем видаим воздействия, указанным выше.

В качестве примера на рис. 3 показаны изменения величин ПАН^{б} в створах в летний период 2016 г. В табл. 4 указаны уравнения прямых на участках реки, условные удельные показатели истощения для каждого участка и выводы о самоочищении, истощении, или деградации (порядок отсчета обратный).

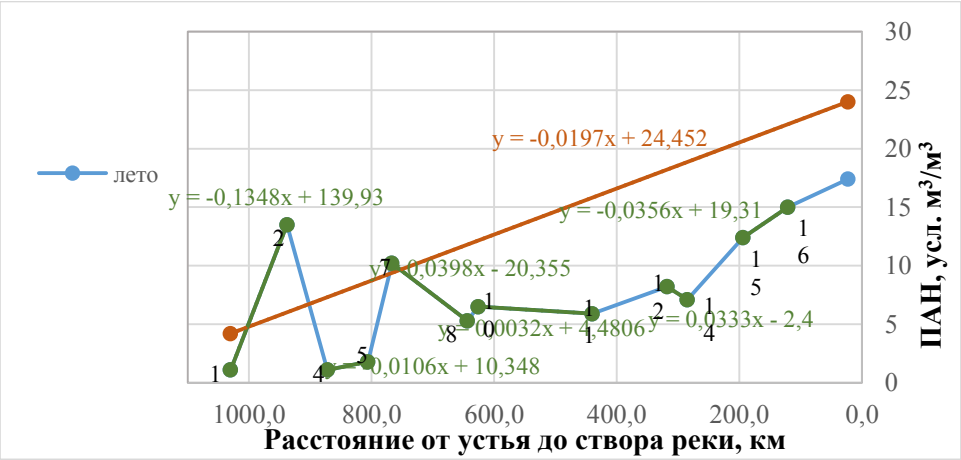


Рис. 3. Изменение величины ПАН^{б} по течению р. Туры за лето 2016 г.. Участки реки: 1-2, 4-5, 7-8, 10-11, 12-14, 15-16.

Подобные исследования проведены и для других, отмеченных на рис. 3 створах. На основании обработки полученных данных составлена таблица состояния р. Туры в 2016 г.

Табл. 4. Сводная таблица с результатами обработки графиков по реке Туре за лето 2016 г.

Участок	ПАН, усл. м^3/м^3	Расстояние, км	Уравнение прямой	Направление внутриводоемного процесса
Стандарт	4,2	1030	y = -0,0197x + 24,452	
	24,0	23		
Лето 2016				
1–2	1,1	1030	y = -0,1348x + 139,93	Деградация
	13,5	938		
	1,1	872		
4–5	1,1	872	y = -0,0106x + 10,348	Истощение
	1,8	806		
	10,2	767		
7–8	10,2	767	y = 0,0398x - 20,355	Самоочищение
	5,3	644		
	6,5	626		
10–11	6,5	626	y = 0,0032x + 4,4806	Самоочищение
	5,9	440		
	8,2	318		
12–14	8,2	318	y = 0,0333x - 2,4	Самоочищение
	7,1	285		
	12,4	194		
15–16	12,4	194	y = -0,0356x + 19,31	Деградация
	15,0	121		
	17,4	23		

Табл. 5. Направленность внутриводоемных процессов в р. Туре в разные сезоны 2016 г.

Участок	Весна 2016 г.	Лето 2016 г.	Осень 2016 г.
1–2 (1б)	Истощение	Деградация	Истощение
1б–2			Самоочищение
2–4	Истощение	Самоочищение	Деградация
4–5	Истощение	Истощение	Самоочищение
5–7	Истощение	Истощение	Истощение
7–8	Истощение	Самоочищение	Истощение
8–10	Самоочищение	Истощение	Самоочищение
10–11	Деградация	Самоочищение	Истощение
11–11б			Деградация
11 (11б)–12	Деградация	Истощение	Самоочищение
12–14	Самоочищение	Самоочищение	Самоочищение
14–15	Самоочищение	Деградация	Самоочищение
15–16	Самоочищение	Деградация	Деградация
16–18	Истощение	Деградация	Самоочищение

Подобные исследования проведены весной, летом и осенью 2016 г.. В 2017 г. проведены исследования и в период зимней межени.

Выявленные участки с деградацией по ПАН[6] были исследованы на виды негативного воздействия. Негативное воздействие периодически наблюдается на участках 2–4, 8–10, 11б–12, 14–15, 15а–16, 16–18. Негативное воздействие со снижением класса качества постоянно наблюдаются на участках 5–7, 10–11, 11–11а, 11а–11б, 15–15а.

Для р. Туры установлены следующие виды воздействия:

- добыча полезных ископаемых из русла (песка, гравия, драгоценных металлов и камней дражным способом);
- разрыв речного континуума путем строительства гидротехнических сооружений;
- засорение русел топляком при сплаве древесины, травой, мусором, строительными и бытовыми отходами;
- загрязнение реки сточными водами, в т.ч. и ливневыми с территории городов;
- загрязнение реки поверхностным стоком с территории водосбора, включая загрязнение реки при гидравлической добыче драгоценных металлов и камней;
- влияние накопленного экологического ущерба.
- Транзитное загрязнение сточными водами р. Туры через притоки: р. Кушва, р. Выя, р. Салда, р. Тагил, р. Ница, р. Пышма.

Наиболее сложная ситуация складывается после впадения р. Пышмы. Представлено количество населенных пунктов и предприятий на водосборе Туры, являющихся источниками загрязнений. Представлены виды работ, необходимые для проведения непосредственно в русле р. Туры.

Необходимо проведение комплексных исследований на всех притоках, оказывающих влияние на состояние р. Туры для выяснения источников негативного влияния на качество воды в них и разработке реабилитационных мероприятий для притоков.

В настоящее время ведутся исследования, направленные на разработку реабилитационных мероприятий для одного из наиболее крупных притоков р. Туры – р. Пышмы.

3. Пособие по экспертизе проектов, направленных на реабилитацию водотоков

Введение

Термины и определения

Общие положения

Антропогенное воздействие на водотоки

Порядок определения кризисных участков и необходимости проведения на водном объекте реабилитационных работ

Выбор реабилитационных мероприятий

4. Пособие по экспертизе проектов, направленных на реабилитацию водоемов (озера, водохранилища).

Введение

Термины и определения

Общие положения

Актуальность реализации проектируемого мероприятия для конкретного водоема и выбор целевого показателя

Общая методология реабилитации водоемов

Перечень необходимых конкретных действий при выборе метода реабилитации водоемов

Перечень информационных и экспериментальных материалов, необходимых для и достаточных для обоснования приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоемов

Пример выбора методов реабилитации малопроточных эвтрофных озер

Пример выбора методов реабилитации водоема, подверженного интенсивному техногенному воздействию, не подверженному эвтрофикации

5 Пособие по расчету допустимого привносу биогенных веществ для водоемов с умеренным и замедленным водообменом».

Водные объекты с замедленным и умеренным водообменом (озера, водохранилища) откликаются на антропогенное воздействие либо усилением продукционных процессов (эвтрофикация), либо подавлением эвтрофикационных процессов, но ухудшением гидрохимического режима, либо проявлением обеих процессов одновременно.

Для оценки допустимого сброса ингредиентов в подобные водные объекты необходимо знать их фактическое гидробиологическое и гидрохимическое состояние, фактическую антропогенную нагрузку, гидроморфологические и гидрологические характеристики. На основе этих показателей определяются возможные дополнительные нагрузки, позволяющие не выходить за рамки допустимых изменений как продукционных процессов, так и гидрохимического режима.

Пример опаределения допустимой дополнительной биогенной нагрузки на водоемы фитопланктонного и фитопланктонно-макрофитного типов представлен в табл. 6.

Табл. 6. Расчет допустимого увеличения удельного потока фосфора в водоем, обеспечивающего непревышение уровня его трофности, задаваемого водопользователем

Показатели	Водоем в зафиксированном состоянии	Водоем при увеличении фосфорной нагрузки
Удельная фосфорная нагрузка, г/м^2 год	$П_1$	$П_2$
Допустимое увеличение внешней фосфорной нагрузки	0	X
Увеличение величины уровня трофии, %	–	$(П_2 – П_1)/П_1 \cdot 100$ (1)
Общая удельная фосфорная нагрузка, г/м^2 год	$П_1$	$П_2 = П_1 + X$ (2)
Допустимая биомасса фитопланктона годовая, г/м^3	B_1	$B_2 = B_1 \cdot (1 + (П_2 - П_1)/П_1$ (3)
Расчет допустимого увеличения внешней фосфорной нагрузки, г/м^2 год	0	$X = (B_2 – B_1) * П_1/B_1$ (4)

УДК 55.01:504.04

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – СОСТОЯНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Прохорова Н.Б.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
rosniivh@rambler.ru

Ключевые слова: водная безопасность, «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года», федеральный проект «Чистая вода», «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года».

Обеспечение водной безопасности на сегодняшний день – крайне острая задача, которая стоит перед органами управления на всех уровнях. К сожалению, текущее состояние водохозяйственной системы демонстрирует невысокую эффективность государственного управления, контроля и надзора в природоохранной сфере, и водной, в частности,

PROVIDING OF WATER SAFETY: CURRENT STATUS OF THE TASK SOLUTION

Prokhorova N.B.

Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia
Key words: water safety, «Water strategy of the Russian Federation for the period up to 2020», «Clean Water», Federal project «Foundations of the state policy in the sphere of the Russian Federation ecological development for the period up to 2030».

Nowadays providing of water safety is an extremely important and urgent problem that faces governing bodies at all levels. Unfortunately, the current state of the water/economic system demonstrates low effectiveness of state management, control and supervision in the sphere of environment protection as a whole and water protection, in particular.

В начале, разрешите напомнить несколько известных фактов. Понятие «Водная безопасность» активно начали использовать не только ученые в начале 2010-х годов. Понимание того, что необходимо отказаться от прежних достижений науки, но и от политики, от управления и от фактических общественных ценностей приходит через большие трудности - финансовые, экологические, социальные.

Нагрузка на мировые запасы пресной воды в XXI веке достигла беспрецедентного уровня. Увеличение населения планеты и экономический рост сопровождаются повышением спроса на водные ресурсы, чрезмерная эксплуатация которых становится причиной сокращения речного стока, высыхания озер, исчезновения водно-болотных угодий и снижения уровня грунтовых вод.

Урбанизация (в городах проживает более половины населения Земли), вырубка лесов и увеличение площади орошаемых земель (в общей сложности занимающих около 1,5 миллиардов гектаров) ведут к изменению гидрологических параметров и качества воды.

Изменение климата, свидетелями которого мы являемся, повлекло за собой серьезные изменения в состоянии водных объектов. Существенно повысились риски экстремальных погодных явлений, связанных с водой и ставящих под угрозу имущество, инфраструктуру и жизни людей. Последствия таких катаклизмов видим сегодня по всему земному шару: это и аномальная жара, охватившая Россию в 2010 г., отрицательно сказавшаяся на производстве пшеницы, и катастрофические паводки на Дальнем Востоке России в 2014, в Иркутской области и ураган «Дориан» в США в 2019 году.

Учитывая рост населения планеты, а вместе с ним и потребностей в продовольствии и энергии, нагрузка на водные ресурсы будет лишь увеличиваться. По разным оценкам к 2050 г. от 0,5 до 3,1 млрд человек столкнется с проблемой усиления дефицита воды, вызванного

изменением климата. Эксперты прогнозируют, что к 2050 г. до 80 % стран мира окажутся в зоне, которая, по классификации ООН, находится ниже черты дефицита водных ресурсов. Россия останется в числе оставшихся 20 %.

Одним из первых документов, где было сформулировано понятие «водная безопасность», стал проект «Хартии глобальной водной безопасности», представленной Президентом СВО ВЕКЦА П.А. Полад-Заде на конференции в Ташкенте (май 2011 г.), в рамках подготовки к 6-му Всемирному Водному Форуму «Совместные действия в направлении водной безопасности» (Марсель, Франция, март 2012 г.).

Затем концепция водной безопасности и количественная оценка ее уровней, была предложена в «Обзоре водохозяйственного развития в Азии 2013». Этот обзор заложил основу для оценки прогресса в достижении безопасного водного будущего для народов Азии и Тихоокеанского региона.

Потребность междисциплинарного подхода к анализу задач обеспечения водной безопасности, а иначе говоря – достижении целей «Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» к которой присоединилась и Россия, сегодня понимают на всех уровнях управления водными ресурсами.

Водные проблемы все чаще определяются комбинацией международных, внутригосударственных, социально-экономических, политических, правовых аспектов. Это делает их весьма специфической разновидностью новых трансграничных вызовов и угроз безопасности

Итак, водная безопасность России. Приходится констатировать, что водное российское богатство (мы занимает первое место в мире по объему водных ресурсов на душу населения) только в количестве, но, к сожалению, не в качестве.

В решении проблем водопользования важную роль призвана сыграть Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года (27.08.2009 N 1235-р). На ее финансирование было предусмотрено 662 млрд руб., в том числе 480 млрд руб. из федерального бюджета.

В апреле 2012 года для решения проблем водной безопасности (хотя, это определение там отсутствует) был принят еще один базовый документ - «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года». Важным моментом в нем является ориентация на внедрение экологически эффективных инновационных технологий.

К сожалению, например, ежегодно проходящий в Москве Международный Салон «Комплексная безопасность» регулярно поднимает проблемы, связанные с развитием технологий безопасности. Однако при тематическом многообразии экспозиционной части выставки заметно, что понятие «безопасность» пока ассоциируется обществом непосредственно с пожарной охраной, средствами спасения, ядерной безопасностью и безопасностью границ и производства, оружием. Технологии же и разработки, иллюстрирующие достижения науки и производства в области экологической безопасности, в частности, водной, в 2019 г. на выставке были представлены использованием лафетных стволов для орошения лафетными стволами с применением программы моделирования гидравлических струй. Конечно, это отражает общую тенденцию недостаточного внимания разработчиков к проблемам безопасности водопользования. Именно для этого мы постоянно включаем в программу нашего симпозиума секцию, где речь идет о инновационных технологиях в системах водного хозяйства промышленных предприятий и населенных мест, Традиционно секция привлекает внимание большого количества производственников и проектантов.

С текущим состоянием нашей водохозяйственной системы мы сталкиваемся ежедневно, если не в быту, то на производстве, слышим в средствах массовой информации. Остановлюсь еще на некоторых моментах, характеризующих уровень водной безопасности.

Имеет место такой российский парадокс – лидерство по водным запасам не спасает страну от разрушительных пожаров. В 2010 г. чрезвычайная ситуация была объявлена в 23 регионах России. Причиненный от пожаров ущерб составил около 15 млрд руб. В качестве основной причины тогда фигурировала отсутствие источников воды, не только питьевой, но

и технической. Именно это во многом послужило причиной гибели населенных пунктов и людей.

Это характеризует, в первую очередь, невысокую эффективность государственного управления, контроля и надзора в природоохранной сфере, и водной, в частности, при том, что в этой области действуют сразу несколько федеральных структур, в том числе Ростехнадзор, Роспотребнадзор, Росприроднадзор, Россельхознадзор. Отдельными надзорными полномочиями в водной сфере обладают и другие ведомства.

Представляют опасность разливы нефти и нефтепродуктов в районах добычи, транспортировки и хранения, воздействие которых на водные ресурсы растянуто во времени, это не только Ямал, но уже Арктическая зона России.

Имеются территории с зонами радиоактивного загрязнения, на которых для отдельных групп жителей не полностью обеспечиваются нормативные требования радиационной безопасности.

Серьезную озабоченность вызывает то, что данные о состоянии показателей водной безопасности из года в год, из программы в программу, почти неизменно повторяются. Это и обеспеченность водой питьевого качества, ущерб от паводков, состояние ГТС и пр. В решении поставленных задач мало что сдвинулось. Мы слышали сегодня о необходимости выполнения важного федерального проекта «Чистая вода» для достижения качества централизованного водоснабжения и канализования. О региональных программах повышения качества водоснабжения при реализации федерального проекта «Чистая вода» национального проекта «Экология» пойдет речь на секции «Вопросы обеспечения показателей качества и безопасности коммунального и рекреационного водопользования». Именно через региональные программы распределяется финансирование федеральных проектов. Как выяснилось далеко не все субъекты оказались готовыми к этому – отсутствие прошедших экспертизу проектов стало большой проблемой. Уже понятно, что не все средства проекта «Экология», выделенные на 2019 г., будут освоены.

Снижение качества водных ресурсов – задача, о которой также говорим много лет. Причем, не проблема, а именно задача, т.к. известны эффективные технологии водоподготовки и очистки сточных вод, восстановления практически любых типов водных объектов. Значительная практика уже накоплена в Европе, разработаны методы и у нас. Среди важнейших научных разработок в этом направлении можно назвать и работы, проводимые сегодня в рамках проекта «Оздоровление Волги». Это не только задачи сокращения сброса сточных вод в бассейне, но и серьезные исследования по влиянию водосборной территории на качество стока рек. Безусловно, ученые выполнят поставленные задачи. Что дальше?

Обсуждать технологии восстановления рек, водохранилищ с большим и малым водообменом, новые методы и техническую базу мониторинга для оценки состояния и прогноза качества водных объектов будут ученые и специалисты различных ведомств и стран будет обсуждаться на нескольких секциях. Надеюсь, что общение будет плодотворным и единое понимание задачи экологической реабилитации водных объектов будет найдено.

Потенциальным источником угроз и рисков жизнедеятельности человека и хозяйственному потенциалу, а также источниками событий чрезвычайного характера являются опасные природные явления. За последнее десятилетие среднее число опасных гидрометеорологических явлений увеличилось в 1,8 раза по сравнению с предыдущим периодом. Значительный ущерб приносят наводнения, связанные с половодьем и дождевыми паводками, а также сильные ливни, град, шквалы. Наблюдается устойчивый рост среднегодовой температуры, наибольшая скорость которого отмечается на побережье Северного Ледовитого океана.

Угрозе затоплений подвержены 746 городов, тысячи мелких населенных пунктов. Только прямой среднегодовой ущерб от наводнений в России оценивается до 4 млрд рублей. В 2012 г. в Крымске не менее 20 млрд, 527 млрд ущерб на дальнем Востоке в 2013 г., ущерб от наводнения в Забайкалье превысил миллиард рублей в 2018 г., столько же в 2019 г. на Амуре, в 35 млрд оценен ущерб 2019 г. в Иркутской области.

Является ли данный ущерб только климатическим следствием?

Знаем ли мы, что нужно делать, чтобы его уменьшить? Скорее «да!»

Повышать качество и достоверность прогнозов. Да, сложно в условиях слабой гидрометеорологической статистики и климатической изменчивости. Да, используем часто зарубежные модели расчетов чаще, чем российские. Много говорим о мониторинге, как средстве обеспечения достоверности расчетных моделей. Где эти фактические достоверные данные, которые можно реально использовать в разрабатываемых моделях? Будем на секциях говорить о цифрофизации в водном хозяйстве, большие деньги выделены на реализацию этого национального проекта. Но, встает вопрос – какие данные будут положены в модель «Оздоровление Обь-Иртышского бассейна и его притоков – р.Томь, р. Миасс, р.Тобол, р. Тура, р.Иртыш»? Наряду с мониторингом необходимость совершенствования методической базы прогнозов, математического моделирования стока остается актуальной задачей.

Логично дальше сказать об отсутствии достаточного финансирования для реализации предложенных мероприятий в водном хозяйстве. Проблема? Да.

Проблема, т.к. в настоящий момент мы не можем профинансировать все предупредительные противопаводковые мероприятия, строительство и эксплуатацию защитных ГТС, водопроводных и канализационных сооружений.

По оценкам Минэкономики прогнозируемый рост ВВП замедлится до 1,3 % в 2019 г. В числе основных негативных факторов: цена на нефть, адаптация к новым и старым санкциям, переход к постоянному бюджетному правилу и увеличение налогового бремени.

При реалистическом сценарии государственные программы Российской Федерации и федеральные целевые программы, мероприятия которых направлены на обеспечение экологической безопасности Российской Федерации, будут и далее обеспечены финансированием с учетом приоритетности мероприятий и повышения эффективности использования средств федерального бюджета. Реализация новых государственных программ и региональных программ будет зависеть от условий социально-экономического развития. Государственная поддержка водохозяйственной сферы останется на текущем уровне.

Перед учеными –водниками сегодня стоит важная задача – помочь руководителям всех уровней понять остроту водных проблем и найти инструменты, которые можно использовать при принятии решений в этой области. Научные разработки приносят результаты слишком медленно, а прежние подходы не работают. Необходимо как можно скорее выработать новый, более целостный стратегический подход

Мы должны научиться действовать в условиях неопределенности изменения климата, учитывая сложность водных систем. Это потребует более гибких и адаптивных стратегий по сравнению с теми, что применялись в прошлом, стратегий, направленных на укрепление устойчивости – способности водной среды справляться с нагрузками и восстанавливаться.

УДК 504.4.062.2

ПРОЕКТ ПЕРЕБРОСКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО ТРУБОПРОВОДУ ИЗ БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ В КИТАЙ

Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Резников В.Ф., Кириллов В.В.
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия
puzanov@iwep.ru

Ключевые слова: водные ресурсы, водохозяйственный комплекс, водообеспеченность, перераспределение речного стока, Верхняя Обь, Алтайский край, Синьцзян.

Обсуждаются варианты, перспективы и проблемы переброски водных ресурсов по трубопроводу из бассейна Верхней Оби в Китай. Показано, что в Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китая ожидается существенная нехватка водных ресурсов. В качестве одного из вариантов решения этой проблемы рассмотрена возможность переброски водных ресурсов из бассейна Верхней Оби, в том числе, по трубопроводу. Для Обь-Иртышского бассейна также характерны различные по масштабу и остроте проявления проблемы водообеспечения и водопользования. При имеющимся дефиците гидрологической и экологической информации по бассейну Верхней Оби необходимо провести дополнительные комплексные исследования и выполнить прогноз возможных негативных последствий для наземных и водных экосистем, социально-экономического положения регионов бассейна Оби.

THE PROJECT OF WATER RESOURCES TRANSFER FROM THE UPPER OB BASIN TO CHINA BY A PIPELINE

Puzanov A.V., Bezmaternykh D.M., Rybkina I.D., Stoyashcheva N.V., Reznikov V.F.
Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia
e-mail:puzanov@iwep.ru

Key words: water resources, water management complex, water availability, redistribution of river flow, Upper Ob, Altai Krai, Xinjiang.

The article discusses options, prospects and problems of water resources transfer through the pipeline from the upper Ob basin to China. They in the Xinjiang Uygur Autonomous Region of China expect the great shortage of water resources. Water transfer from the upper Ob basin, including that through the pipeline, is considered as one of this problem solutions. The Ob-Irtysh basin is also characterized by water availability/use problems of different scale and severity. Insufficient hydrological and environmental data on the Upper Ob basin call for additional comprehensive studies and forecasts of possible negative consequences for terrestrial and aquatic ecosystems as well as the socio-economic situation in the Ob basin regions.

Предпосылки для перераспределения водного стока

Как известно, в результате интенсивного роста численности населения, промышленности и сельского хозяйства в ряде регионов Китайской народной республики (КНР) в последние десятилетия наблюдается острый дефицит водных ресурсов. В Синьцзян-Уйгурском автономном районе (СУАР), особенно в его северной части, динамично развиваются промышленность и сельское хозяйство. Здесь разрабатываются богатейшие месторождения природных ресурсов, среди которых – нефтяные месторождения Карамая, Таримского нефтегазоносного бассейна, где сосредоточены до 30 % запасов КНР [1], полиметаллические руды Коктогая, уголь и др. Стремительно увеличиваются посевные площади, занятые хлопчатником и зерновыми, при том, что в этом засушливом

центральноазиатском регионе, где огромные пространства занимают пустыни Такла-Макан и Гоби, земледелие невозможно без искусственного орошения. На все эти нужды необходимы большие объемы воды, и проблема решается путем отъема части стока р. Кара-Иртыш с подачей ее потребителю. Для обеспечения потребностей крупнейших водопользователей проведены каналы Черный Иртыш – Карамай и Черный Иртыш – Урумчи. В настоящее время только посредством первого из них отбирается до 2 км^3 воды в год, технические же возможности обоих каналов, по расчетам специалистов Института «Казгипроводхоз», при максимальной загрузке могут обеспечить переброску до 6,3 км^3 воды в год [2]. Таким образом, водозабор в будущем может достичь 40–70 % от среднемноголетнего стока р. Иртыш в створе китайско-казахстанской границы, составляющего 9 км^3/год [3, 4], и привести к дефициту водных ресурсов в казахстанской и российской части бассейна Иртыша.

В 2000 г. китайскими властями была разработана и принята Стратегия освоения СУАР, согласно которой, к 2030 г. планируется население автономного района довести с 20 млн почти до 100 млн чел. Нетрудно предположить, что дефицит водных ресурсов в скором будущем станет существенным препятствием развития этого региона [1].

В качестве одного из способов решения проблемы нехватки воды китайские специалисты предлагают проекты переброски водных ресурсов из приграничных речных бассейнов, в частности, из бассейна Верхней Оби, который, по их мнению, обладает избыточными водными ресурсами.

РЕСУРСЫ ДЛЯ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Оценка возможности переброски водных ресурсов из Обь-Иртышского бассейна невозможна без анализа современной водно-экологической ситуации в нем и прогноза развития его водохозяйственного комплекса в будущем. Для Обь-Иртышского бассейна характерны различные по масштабу и остроте проявления проблемы водообеспечения и водопользования. Вододефицитные районы бассейна в основном приурочены к его степной части – области замкнутого стока Обь-Иртышского междуречья и некоторым небольшим, но освоенным водосборам восточного склона Уральских гор. В противоположность этому в ряде регионов бассейна Верхней Оби актуальными являются проблемы подтоплений и наводнений, особенно для бассейнов горных и предгорных притоков [5].

Река Обь – одна из крупнейших на Земле, вместе с Катунью она имеет протяженность 4338 км, площадь бассейна – 2990 тыс. км^2. По данным Росгидромета, средний расход Верхней Оби у г. Барнаула составляет 1,46 тыс. м^3/с, но он подвержен значительным колебаниям по сезонам и годам: минимальный зарегистрированный расход – 162 м^3/с, максимальный – 12,6 тыс. м^3/с [6]. Она занимает первое место в России по водосборной площади и третье по водному стоку. Это река продолжительного половодья, что объясняет длительное затопление стариц и проток. По гидрологическому режиму р. Обь делится на равнинную и горную часть. Участок Верхней Оби в настоящее время можно выделить до Новосибирского водохранилища (до строительства Новосибирской ГЭС обычно выделяли до устья р. Томь), его протяженность (без Новосибирского водохранилища) составляет около 500 км.

Опасные гидрологические явления в бассейне Верхней Оби обусловлены негативными проявлениями различных гидрологических процессов: весенними половодьями и дождевыми паводками, маловодьями, ледовыми заторами на реках, русловыми процессами и т.д. Наводнения на реках, вызываемые половодьями и паводками редкой повторяемости, относятся к числу наиболее опасных природных бедствий, как в нашей стране, так и в мире. Риск наводнений и иного негативного воздействия вод в этом бассейне будет сохраняться и усиливаться в будущем: в связи с учащением опасных гидрологических явлений из-за природно-климатических изменений последних лет; продолжающимся антропогенным освоением периодически подтапливаемых территорий; недостаточной надежностью прогнозирования гидрологических процессов; ухудшающимся состоянием многих существующих гидротехнических сооружений [7].

Анализ современной обеспеченности поверхностными водными ресурсами в расчете на одного жителя показал закономерное увеличение водообеспеченности в Обь-Иртышском бассейне с юга на север, по мере нарастания водности рек и увеличения увлажнения территории. Наиболее всего ресурсами поверхностных вод (свыше 1000 тыс. $м^3$/чел. в год) обеспечены малообжитые северные территории, в том числе население в нижнем течении Иртыша и Оби. Менее обеспечено поверхностными водными ресурсами (5–50 тыс. $м^3$ в год на человека) население основной полосы расселения, приуроченной к лесостепной и степной зонам, густо заселенные и интенсивно освоенные бассейны Чулыма и Томи, а также горно-таежный пояс Урала. Наименьшей водообеспеченностью отличаются территории области внутреннего стока (западные районы Алтайского края и Новосибирской области, восток Омской области) и южная часть Уральского региона.

В целом, с учетом подземных вод, результаты оценки показывают, что в зонах с условиями катастрофически низкой потенциальной обеспеченности водными ресурсами в российской части Обь-Иртышского бассейна (менее 1,0 тыс. $м^3$ / чел. в год) проживает около 130 тыс. человек, очень низкой потенциальной водообеспеченности (1–2 тыс. $м^3$ / чел. в год) – 1678 тыс. чел., низкой (2–5 тыс. $м^3$/чел. в год) – 1477 тыс. жителей, что суммарно составляет около 15 % общей численности населения Обь-Иртышского бассейна [8].

Трансграничный характер Иртыша и его притоков Ишима и Тобола в значительной мере определяет экологическую ситуацию в Обь-Иртышском бассейне. Остаются нерешенными вопросы институционального регулирования водопользования в межнациональных и межрегиональных сегментах водохозяйственной системы бассейна. Нет согласованных лимитов вододеления, что особенно актуально в маловодные годы и сезоны; нет и жестко согласованных графиков попусков трансграничных вод с учетом безопасного функционирования имеющихся гидротехнических сооружений и водохозяйственных систем; отсутствует или низка технологическая дисциплина водопользования на предприятиях – основных потребителях водных ресурсов и в жилищно-коммунальных хозяйствах крупных городов; велики потери водных ресурсов в открытых водоемах и каналах.

ВАРИАНТЫ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА И ИХ АНАЛИЗ

Неравномерное обеспечение населения и экономики водными ресурсами предопределило разработку в 1970-х годах многочисленных проектов внутрибассейновых и межбассейновых перераспределений речного стока внутри СССР. К ныне существующим внутрибассейновым переброскам водного стока относятся Кулундинский канал и Чарышский групповой водопровод. Среди других действующих межбассейновых перераспределений водного стока переброска части стока р. Камы в бассейн Тобола, каналы Иртыш-Караганда и Черный Иртыш – Карамай – Урумчи. Периодически происходит возврат к рассмотрению ряда проектов внутрибассейновой и межбассейновой переброски. В настоящее время однозначного мнения по этим проектам не существует [9].

В мае 2016 г. министр сельского хозяйства РФ А.Н. Ткачев обнародовал предложение о переброске части стока верховий р. Обь (70 млн $м^3$) через территорию Казахстана в засушливые районы СУАР путем развития инженерной инфраструктуры двух гидротехнических объектов – Гилевского водохранилища Алейской оросительной системы и Кулундинского магистрального канала в Алтайском крае. Данный проект далеко не однозначен. Возможно, это позволит снять риски весеннего паводка в бассейне Верхней Оби и повысить водность в бассейне р. Иртыш, но его эффективность не обоснована [10]. Следует отметить, что многие алтайские ученые и общественные деятели скептически относятся к возможности реализации такого проекта. Так, одни из них в комментариях к проекту указывают на возможность иссушения Васюганский болот в результате переброски, из-за чего может нарушиться существующий климат всей Западной Сибири. Другие говорят о технической сложности реализации проекта, третьи обращают внимание на сомнительность экономической целесообразности проекта, четвертые предлагают подумать над возрождением отечественного производства, а не заниматься переброской ресурсов.

Подобные экспертные оценки распространены в современных средствах массовой информации [11–13].

Также, для компенсации объема изъятия в КНР стока р. Черный Иртыш была предложена схема взаимовыгодного использования стока российских рек по Верхне-Катунскому направлению, исключающая сооружение крупных водохранилищ и ориентированная на тоннельный (либо насосный) вариант преодоления водораздела [10]. Проект предусматривает на р. Катуни в 5 км ниже впадения в нее р. Тихой построить плотину высотой 133 м, которая образует водохранилище многолетнего регулирования емкостью 1,25 км^3. Поскольку подпор от указанной плотины распространяется по р. Тихой и вклинивается вблизи водораздела с притоком Буктырмы р. Белой, сброс воды из водохранилища в р. Белую предполагается осуществить с помощью деривационного тоннеля. В конце тоннеля, на возникающем перепаде высотой 580 м, планируется сооружение Белокатунской ГЭС мощностью 800 мВт. При этом не учитываются ни экономические вопросы развития территорий Верхней Катуни, ни гидроэнергетическое освоение Катуни в целом. Этот проект был реанимирован и дорабатывался проектными организациями Казахстана. Более того, предлагалось строительство каскада ГЭС на реках Белой и Бухтарме ниже проектируемой Белокатунской ГЭС суммарной выработкой 2,5 млрд кВт·ч/год.

В Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации 10.04.2019 г. состоялся круглый стол «Экономическая интеграция России, Казахстана и Китая: перспективы и стратегические проекты». Основной темой прошедшей дискуссии стал проект повышения эффективности систем водопользования Китайской народной республики и приграничных территорий Российской Федерации и Республики Казахстан, предполагающий строительство трансграничного водопровода с территории Алтайского края в Синцзян-Уйгурский автономный район КНР. Согласно представленным экспертным оценкам, объем иностранных инвестиций в реализацию данного проекта может составить до 88 млрд долларов США. Проект имеет перспективы стать частью инициативы китайской стороны «Один пояс, один путь» и ее интеграции с российскими инициативами в рамках Евразийского экономического союза.

Выдвинутое в 2019 г. китайской стороной предложение по переброске вод из бассейна Верхней Оби в Западный Китай по трубопроводу планируется реализовать в два этапа. На первом этапе (до 2026 года) предполагается строительство первой очереди магистрального водовода «Россия – Казахстан – Западный Китай» мощностью 600–700 млн м^3 в год и сети распределительных трубопроводов. На втором этапе (до 2040 года) – реализация современных агротехнических, распределительных и иных проектов, направленных на повышение эффективности водопользования, а также строительство второй очереди магистрального водовода с увеличением общей мощности до 1,8–2,4 млрд м^3 в год. Общая протяженность планируемого магистрального водовода составляет от 1200 до 1500 км. Эти предложения являются эскизными и не содержат детальной проработки гидрологических и экологических проблем.

В Алтайском крае в средний по водности год речной сток составляет около 50 км^3. В годы 75 % и 95 % обеспеченности его объем снижается до 43 и 33,5 км^3 [6]. При таких ресурсах поверхностных вод изъятие на первом этапе 600–700 млн м^3 в год теоретически является возможным, а изъятие 1,8–2,4 млрд м^3 в год на втором этапе уже является проблематичным, т.к. будет составлять существенную часть стока (более 7 % в маловодный год). При этом в условиях глобальных и региональных изменений климата на различных участках бассейна Оби за последние десятилетия наблюдаются существенные изменения водности рек. Прогноз изменения водности на основе метода линейных трендов показал, что изменение водности отдельных участков бассейна Верхней Оби по отношению к 2010 г. в 2030 г. составит от –12,3 % до +11,5 % [9]. Многие водотоки, которые вероятно будут задействованы в проекте, не охвачены режимными гидрологическими и гидрохимическими наблюдениями, а гидробиологический мониторинг в верховьях Оби отсутствует.

При столь значительном дефиците гидрологической и экологической информации сделать достоверный прогноз о воздействии намечаемого к реализации проекта на окружающую среду пока не представляется возможным. Считаем целесообразным провести комплексные мониторинговые исследования в бассейне Верхней Оби с целью получения натурных данных о современном состоянии и динамике основных компонентов водных и прилегающих экосистем, проработать возможности дополнительного накопления водных ресурсов путем строительства водохранилищ и резервуаров для хранения стока. При этом следует проанализировать потенциальное влияние изъятия стока и строительства водохранилищ на пойму реки, ее иссушение может привести к изменению микроклимата, снижению продуктивности сенокосов и пастбищ, потере нерестилищ и мест нагула многих видов (включая промысловые) рыб, ущербу биологическому разнообразию пойменных сообществ и т.д. [14–15]. После этого, с учетом полученных актуальных и подробных данных, можно будет выполнить моделирование изменений гидрологических и экологических условий в бассейне Верхней Оби при различных вариантах реализации данного проекта переброски. Не следует забывать о прогнозировании возможных социально-экономических и даже политических последствиях реализации этого проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на актуальность переброски водных ресурсов по трубопроводу из бассейна Верхней Оби для Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая и имеющиеся значительные водные ресурсы в бассейне Верхней Оби пока невозможно дать научно-обоснованной оценки целесообразности реализации этого проекта. Необходимо провести дополнительные комплексные исследования и выполнить прогноз последствий его реализации для природных и социально-экономического комплексов регионов бассейна Оби.
Работа выполнена в рамках проектов Государственного задания ИВЭП СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что происходит с Иртышом? Китайский фактор [Электронный ресурс]. URL: https://sibirmi.ru/ekonomika/chto-proishodit-s-irtyshom-kitayskiy-faktor-06-12-2013.html.
2. *Алинов М.Ш.* Иртыш: безводные перспективы? [Электронный ресурс] // Концепция стратегии устойчивого развития: формирование казахстанской модели. URL: http://www.group-global.org/storage_manage/download_file/2029.
3. *Ашимбаева А.Т.* Достижения и проблемы казахстанско-китайских экономических отношений 16.03.2007. URL: http://www.ia-entr.ru/ rchive/public_details56c8.html?id=376.
4. *Жоламанова Г.* Роль ШОС в урегулировании трансграничных рек между Казахстаном и Китаем // Analytic. 2007. № 1. URL: http://www.analitika.org/article.php?story= 2007050701005068.
5. *Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Рыбкина И.Д., Котовщиков А.В., Дьяченко А.В.* Современное состояние и экологические проблемы Обь-Иртышского бассейна // Водное хозяйство России. 2017. № 6. С. 106–118.
6. География Сибири в начале XXI века: в 6 т. Т. 5. Западная Сибирь / отв. ред. Ю.И. Винокуров, Б.А. Красноярова. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. 447 с.
7. *Пузанов А.В., Зиновьев А.Т., Безматерных Д.М., Резников В.Ф., Трошкин Д.Н.* Опасные гидрологические явления в бассейне Верхней Оби: современные тенденции и прогнозирование // Водное хозяйство России. 2018. № 4. С. 69–77.
8. *Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Магаева Л.А., Губарев М.С., Резников В.Ф., Курепина Н.Ю.* Оценка водообеспеченности регионов Западной Сибири // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: тр. Четвертой Всерос. науч. конф. с межд. участием (г. Москва, 15-18 сентября, 2015 г.) / ИВП РАН: отв. ред. Болгов М.В. Москва: ИВП РАН, 2015. С. 512–514.

9. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / отв. ред. Ю.И. Винокуров, А.В. Пузанов, Д.М. Безматерных; Рос. Академия наук, Сибирское отделение, Институт водных и экологических проблем СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 236 с.
10. *Винокуров Ю.И., Красноярова Б.А.* Трансграничный бассейн р. Иртыш: проблемы и решения // Регион: Экономика и Социология. 2017. № 3 (95). С. 238–253.
11. Ученый АлтГУ прокомментировал предложение главы Минсельхоза о переброске воды алтайских рек в Китай. [Электронный ресурс]. URL: https://www.asu.ru/news/events/19827/.
12. Лишней нет! Эксперты об инициативе переброски воды с Алтая в Китай. URL: http://www.altai.aif.ru/society/lishney_vody_net_eksperty_ob_iniciative_perebroski_vody_s_altaya_v_kitay.
13. Рука помощи: Россия спасет Китай от нехватки воды. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gazeta.ru/business/2018/12/11/12090955.shtml.
14. Водохранилища мира / А.Б. Авакян, В.А. Шарапов, В.П. Салтанкин и др. М.: Наука, 1979. 287 с.
15. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты / В.Д. Романенко, О.П. Оксиюк, В.Н. Жукинский и др. Киев: Наук. думка, 1990. 256 с.

УДК 504.4.062.2

ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – ФАКТОР СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ

Рыбкина И.Д.
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия
irina.rybkina@mail.ru

Ключевые слова: системы водопользования, региональное развитие, водохозяйственный комплекс, водообеспеченность, доступность питьевых вод, показатели оценки реализации целей и приоритетов развития, управление водными ресурсами.

Для использования в целях стратегического планирования территорий РФ предложен методологический подход к обоснованию и выделению региональных систем водопользования. Среди принципов выделения систем водопользования – природообусловленный характер и антропогенный фактор, определяющие территориальные формы их функционирования и развития. Принципы выделения проиллюстрированы на примере бассейнов Верхней Оби и р. Алей. Обсуждаются возможные показатели оценки намеченных к реализации целей и приоритетов регионального развития.

WATER SECURITY AS A FACTOR OF STRATEGIC REGIONAL PLANNING IN RUSSIA

Rybkina I.D.
Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia
irina.rybkina@mail.ru

Key words*:* water supply systems, regional development, water economic complex, water availability, indicators for assessing implemented goals and priorities of development, water management

For strategic planning of RF territories, a methodological approach to grounding and allocation of water supply systems is proposed. Among the allocation principles of water supply systems are natural and anthropogenic factors responsible for territorial forms of functioning and development of the mentioned systems. These principles are illustrated by the example of the Upper Ob and Aley river basins. Potential indicators for assessing the goals and priorities of regional development are discussed.

ВВЕДЕНИЕ

С принятием и вступлением в силу ФЗ-172 «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 г. [1] в стране концептуально изменилась система стратегического планирования. Если раньше четкий перечень «программных документов» не был установлен, хотя к нему с долей определенной уверенности можно было отнести ежегодные послания Президента, стратегии и доктрины развития, некоторые ФЦП и т.п., а разработка документов скорее была модной тенденцией, то сейчас это обязательная законодательно установленная процедура [2]. Так, в Федеральном законе определены сроки средне- и долгосрочного планирования, разграничены полномочия органов государственной власти, названы принципы и участники, виды документов и их информационное обеспечение, появилось понятие стратегии пространственного развития и многое другое.

С этого момента в научной литературе активно обсуждаются методологические и методические вопросы разработки «программных документов», в частности, проблемы своевременной и адекватной оценки реализации целей и приоритетов развития [3–5].

Авторами признается, что основу оценивания должна составлять сбалансированная система показателей, призванная сформировать достаточный объем информации о возникающих проблемах, способных негативно сказаться на достижении целей объекта управления [4]. В части функционирования водохозяйственного комплекса страны для региональных стратегий развития, которые ориентированы на повышение качества и уровня жизни населения, предлагаются показатели качества водных ресурсов [6]. Рассмотрение качества водных ресурсов как важнейшего фактора регионального стратегирования обусловлено тем, что эффективность управления водохозяйственным комплексом непосредственно коррелирует с основными параметрами социально-экономического развития региона.

В качестве обобщающего методологического подхода нами предлагается рассматривать в целом водную безопасность территорий как фактор стратегического планирования в регионах Российской Федерации. В этой связи водную безопасность следует понимать широко, включая в нее вопросы вододефицитных ситуаций, наводнений и паводков, а также проблемы инфраструктурного характера. С другой стороны, на первом этапе внедрения таких оценок можно сузить понимание водного фактора в долгосрочном развитии территорий и остановиться на водохозяйственной ситуации и ее характеристиках. В этом случае нами предлагается описывать региональные системы водопользования (ВП). При этом в качестве основных показателей оценивания могут выступать: удельная водообеспеченность территорий в расчете на одного жителя (тыс. $м^3$/чел. в год); доля населения, охваченного услугами централизованного водоснабжения (%); объем забранных и использованных вод на хозяйственно-питьевые, производственные, ирригационные и другие цели (тыс. $м^3$); удельное водопотребление на одного человека (л/сутки) и другие.

Материалы и методы. Исходной информацией для расчета показателей служит водохозяйственная статистика. В нашей стране, как утверждается в работе [7], более или менее надежные данные по водопотреблению имеются, начиная с 1960 гг., когда была организована государственная сеть наблюдений по учету использования поверхностных и подземных вод. В настоящее время государственное статистическое наблюдение ведется по следующим группам показателей: забор воды из поверхностных и подземных водных источников ($км^3$); использование воды на хозяйственно-питьевые, производственные, сельскохозяйственные, ирригационные нужды, в целях рыбоводства ($км^3$) и др.; объемы переданной воды в результате переброски из одной речной системы в другую ($км^3$); потери воды при транспортировке ($км^3$); объемы сброса сточных вод по категориям очистки ($км^3$). Статистическая обработка данных производится ежегодно (в отличие от США, где статистическое наблюдение осуществляется раз в пять лет).

Для расчета удельных показателей и индикаторов качества предоставляемых услуг также предлагается использовать данные Роспотребнадзора о санитарно-гигиеническом состоянии водных объектов и водохозяйственных систем. Кроме этого, представляется необходимой информация Росгидрометцентра и Федерального агентства по недропользованию, которые осуществляют государственный мониторинг состояния источников водоснабжения и предоставляют данные о качестве используемых поверхностных и подземных вод. Данная информация позволяет с достаточно большей долей достоверности характеризовать системы водопользования регионов в разрезе их муниципальных образований и даже отдельных населенных пунктов.

Для полноты описываемых ситуаций предлагается ввести понятие региональных систем водопользования (ВП), которые рассматриваются как сложившиеся формы использования водных ресурсов, нашедшие отражение в особенностях территориальной структуры водопользования, обусловленные зонально-провинциальными различиями, уровнем и характером социально-экономического развития регионов, общностью культурных и национально-этнических условий проживания населения.

Формирование систем ВП имеет природообусловленный характер, поэтому их выделение предлагается производить с учетом ландшафтной дифференциации территорий на основе бассейнового подхода. Основным показателем для выделения систем ВП выступает удельная обеспеченность населения поверхностными и подземными водами в речном

бассейне в пределах ландшафтных провинций. Характер формирования систем ВП существенно детерминирован действием антропогенных факторов, которые определяются видом целевого использования водных объектов, уровнем антропогенной нагрузки на водотоки и водоемы, их водосборные территории, современным состоянием водных экосистем и качеством речной воды.

Управление системами ВП осуществляется как в пределах административно-территориальных образований бассейна, так и в границах водохозяйственных участков согласно существующему районированию РФ [8]. Функционирование рассматриваемых систем зависит от сложившейся структуры хозяйственного использования территорий, расселения населения и особенностей развития водохозяйственной отрасли.

При этом следует отметить, что водопользование является одним из главных видов природопользования. В территориальной структуре имеет признаки как фоновых, так и очаговых форм его организации, поскольку обладает характеристиками, тесно связанными с проявлением зональности природной среды и формирования ареальных, узловых или групповых типов размещения хозяйства. Например, при выделении систем водопользования большое значение придается не только природным ландшафтам, в которых размещается (вмещается) водный ресурс, но и техническим условиям водоснабжения и водоочистки, которые применяются как характеристики функционирования водохозяйственных систем.

Территориальные системы водопользования в значительной степени определяют уровень и качество жизни проживающего населения, которое может быть выражено через охват жителей региона услугами централизованного водоснабжения и предоставления доброкачественных питьевых вод.

Применив методику Т.Г. Руновой с соавторами [9], нами выделяются *крупноочаговые*, *очаговые, линейные, линейно-площадные* и *дисперсные* системы ВП. Такой методологический подход прошел апробацию в речных бассейнах Верхней Оби и имеет картографическое отображение на примере бассейна р. Алей [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В регионах Верхней Оби нами выделено порядка 30 крупноочаговых и 80 очаговых систем ВП. Крупноочаговые системы ограничены объемами забора воды не менее 10,0 млн $м^3$ в год (табл.), очаговые – не менее 0,5 млн $м^3$ в год.

Крупноочаговые системы ВП формируются в пределах основных ареалов расселения населения, главным образом, приурочены к узловым элементам демоэкономического каркаса и входят в состав агломерационно-групповых форм размещения населенных пунктов, обеспечивая функционирование важных сфер жизнедеятельности городского пространства. Отвечая за добычу, использование и передачу воды в пределах крупных промышленных узлов и центров расселения населения, а также за сброс и очистку сточных вод на их территории, они могут включать несколько крупных водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, отличаются высокой степенью обеспеченности населения питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности. Благоустройство жилого фонда населенных пунктов системами централизованного водоснабжения и водоотведения в таких системах достигает 80–90 % и более. К ним, в первую очередь, следует отнести административные центры субъектов федерации, города-миллионеры, большие, крупные и крупнейшие города с числом жителей от 100,0–500,0 тыс. чел. и более, а также промышленные центры, отличающиеся высокими объемами водозаборов и водопотребления.

Очаговые системы связаны с центрами локальных систем расселения, используют воду в качестве сырья в производственных процессах, а также в целях потребления с передачей ее на значительно меньшие, чем крупноочаговые системы, расстояния. Отличаются наличием одиночных водохозяйственных систем и объектов инженерно-производственной инфраструктуры, приурочены к малым и средним городским поселениям с невысокой степенью обустройства системами централизованного водоснабжения и водоотведения (до 50–70 %). Часто очаговые системы водопользования расположены в

городах, которые выполняют функции «второго» по крупности населенного пункта агломерации, или являются городами-спутниками, имеют важные административные и хозяйственные функции в территориальных системах сельского расселения, могут быть приурочены к поселкам городского типа или крупным сельским населенным пунктам, например районным центрам.

Табл. Крупноочаговые системы водопользования бассейна Верхней Оби

Регион/населенный пункт (город, село, поселок, пгт)	Объемы воды (в среднем за 2009–2017), млн м^3			
	Забор	Использование		Сброс
		поверхностные	подземные	
Алтайский край				
Барнаул	106,40	86,73	12,61	93,47
Бийск	169,70	152,61	12,65	158,48
Заринск	10,80	6,35	4,20	3,74
Рубцовск	38,10	24,91	0,08	8,81
Яровое	10,50	6,83	3,23	8,57
Кемеровская область				
Кемерово	214,00	239,46	11,86	233,48
Новокузнецк	204,16	185,78	27,80	96,55
Калтан	91,40	92,64	3,50	88,96
Междуреченск	63,85	20,51	10,66	54,89
Прокопьевск	33,29	28,64	7,47	27,13
Белово	30,43	18,45	7,55	21,68
Березовский	29,90	3,96	4,67	26,09
Юрга	21,98	19,55	0,16	17,92
Ленинск-Кузнецкий	19,86	9,16	2,20	25,72
Анжеро-Судженск	17,95	6,79	0,42	11,45
Киселевск	16,63	3,69	2,93	22,49
Полысаево	15,85	3,64	2,09	14,64
Осинники	15,60	2,08	3,61	11,72
Мыски	988,14	982,61	6,32	984,24
Новосибирская область				
Новосибирск	554,76	501,26	4,81	490,39
Искитим	23,80	13,17	0,10	18,59
Бердск	14,22	9,93	0,13	2,93
Куйбышев	11,27	8,75	1,71	3,93
Томская область				
Северск	322,6	328,97	11,52	305,78
Томск	51,31	27,02	39,38	55,90
Александровское	17,60	0,03	0,62	1,11
Зеленогорский	20,22	1,19	0,84	0,67
Каргасок	24,52	0,01	3,26	0,83
Парабель	10,24	0,01	1,42	0,21

Существование *дисперсных* систем обусловлено наличием следующих объектов водохозяйственной инфраструктуры, приуроченных преимущественно к сельским территориям: водонапорная башня, уличная водопроводная сеть, водоразборные колонки. Использование воды здесь происходит для хозяйственно-питьевых нужд населения без предварительной водоподготовки. Дисперсные системы по существу являются низшим звеном

в цепочке предоставления водохозяйственных услуг населению и субъектам экономики. В последние десятилетия их количество, к сожалению, стремительно сокращается из-за вывода из строя и эксплуатации водохозяйственных сооружений и коммуникаций. Та же участь постигла линейные и линейно-площадные системы ВП, приуроченные к сельским населенным пунктам и охватывающие большие расстояния и территории.

Линейные системы имеют функции передачи воды для ее использования в хозяйственно-питьевых и иных целях. Представленные чаще всего линейными водохозяйственными объектами, такими как крупные групповые водозаборы и водопроводы, забирающими и транспортирующими воду на большие расстояния, они охватывают десятки населенных пунктов и имеют протяженность сотни и тысячи километров. Небольшие по протяженности линейные объекты (водопроводные и канализационные сети) могут входить в состав крупноочаговых систем, без выделения их в качестве самостоятельных систем ВП.

Линейно-площадные системы формируются при условии необходимости строительства водохозяйственных объектов для целей орошения, характеризуются определенной пропускной способностью и площадью орошаемых земель. Используются преимущественно в сельскохозяйственных целях.

На примере аграрно-развитых территорий бассейна р. Алей (рис. 1) показаны существенные количественные отличия крупноочаговых, очаговых и дисперсных систем ВП, а также линейные и линейно-площадные системы. С целью отображения количественной информации разработаны соответствующие картодиаграммы и врезки. Так, в качестве линейной системы бассейна рассматривается Чарышский групповой водопровод, который при проектировании и строительстве имел общую протяженность более 1200 км. Сейчас 50 % водопроводных сетей не эксплуатируется и заброшены. На одной из линейно-площадных систем – Алейской оросительной системе из двух очередей работает только одна.

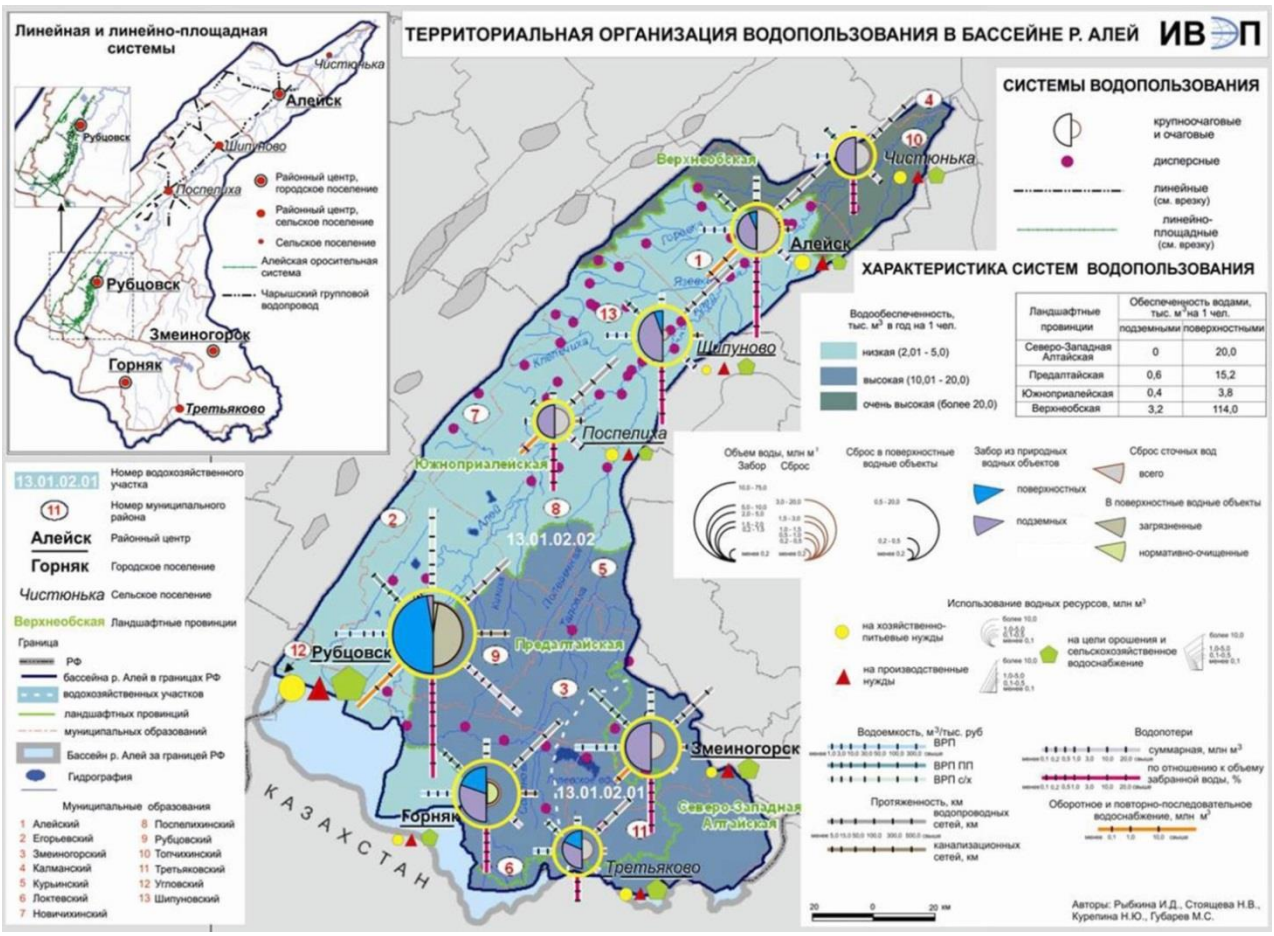


Рис. 1. Территориальная организация водопользования в бассейне р. Алей.

Эти факты подтверждены нами в ходе выполнения экспедиционных исследований в муниципальных образованиях бассейнов Верхней Оби и р. Алей. Отметим, что напрямую они связаны с общим уровнем социально-экономического развития территорий и качеством жизни проживающего здесь населения, которое постоянно снижается. Накопленный за годы исследований научный опыт автора показывает, что на изучаемых территориях в последнее время фактически происходит один из экономико-географических процессов, получивших название сжатия социально-экономического пространства. Водохозяйственным аспектом этого является сокращение обеспеченности населения и охвата населенных пунктов услугами централизованного водоснабжения, доступности услуг питьевого водоснабжения. В отдаленных населенных пунктах жители вынужденно переходят на индивидуальные скважины и колодцы.

Для улучшения обозначенной ситуации считаем необходимым применение в документах стратегического и отраслевого планирования регионов современных и перспективных оценок водообеспеченности территорий, характеристик существующих систем водопользования. Совершенствование государственного управления в сфере водных отношений и водопользования требует координации действий органов исполнительной власти, водопользователей и ведомственных водохозяйственных организаций в целях устойчивого социально-экономического развития территорий.

Одним из действенных механизмов долгосрочного планирования водохозяйственной деятельности в регионах считаем инструмент СКИОВО. Однако для усиления деятельности и в целях координации СКИОВО с разработанными планами и прогнозами социально-экономического развития субъектов федерации предлагаем использовать соответствующие индикаторы состояния водохозяйственной отрасли и региональных систем водопользования, к которым следует отнести объемы перспективного водопотребления в зависимости от их целевого использования и другие показатели состояния систем водопользования (рис. 2). Считаем необходимым применение данных показателей в основных документах стратегического и отраслевого планирования территорий (например, в прогнозах социально-экономическох развития регионов согласно общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД)).

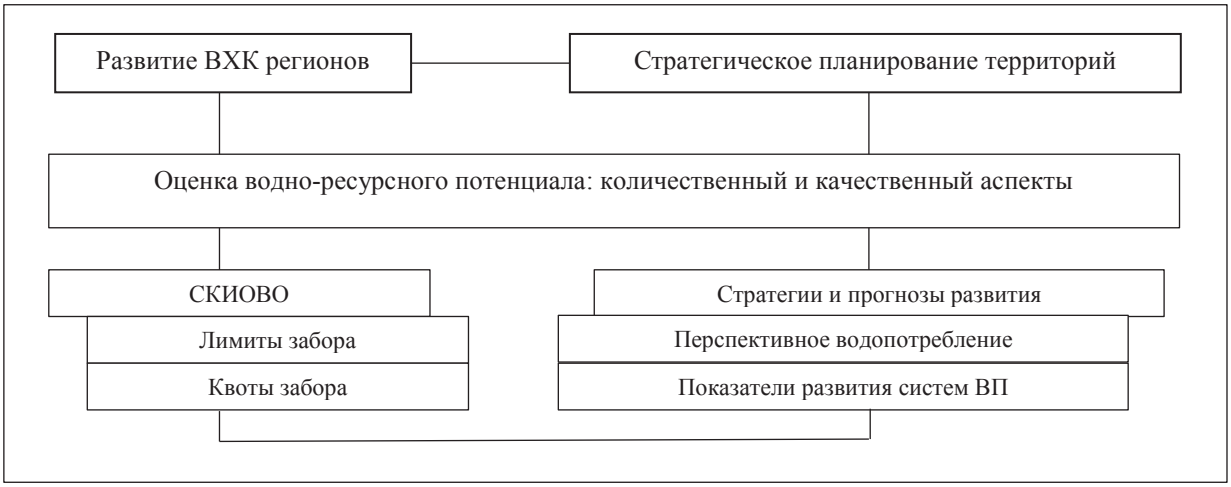


Рис. 2. Принципиальная схема совершенствования управления водными ресурсами.

ВЫВОДЫ

Для использования в целях стратегического планирования территорий РФ предлагается методологический подход к обоснованию и выделению региональных систем водопользования.

Основные принципы выделения систем водопользования – природообусловленный характер и антропогенный фактор, которые определяют территориальные формы их функционирования и развития (крупноочаговые, очаговые, дисперсные и др.).

В качестве показателей для оценки намеченных к реализации целей и приоритетов регионального развития предлагаются характеристики систем водопользования, имеющие прямую взаимосвязь с уровнем социально-экономического развития территорий и качеством жизни проживающего населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» ФЗ-172 от 28 июня 2014 года.
2. *Лаврентьев А.Р., Никифорова Е.А., Ватлецов С.Г.* О разработке документов стратегического планирования // Юридическая техника. 2015. № 9. С. 376–386.
3. Амирова А.Т. Оценка программ и политик на федеральном и региональном уровне в России и мире // Фундаментальные исследования. 2016. №7–2. С. 287–293.
4. *Липина С.А., Смирнова О.О.* Стратегическое планирование в субъектах Российской Федерации: методологические основы и методические рекомендации // Региональная экономика. Юг России. 2017. №1(15). С. 25–35.
5. *Липина С.А., Сорокина Н.Ю., Беляевская-Плотник Л.А., Бочарова Л.К.* Формирование единых подходов к системе показателей документов стратегического планирования субъектов Российской Федерации // Региональная экономика. Юг России. 2019. Т. 7. №1. С. 56–65.
6. *Косолапова Н.А., Матвеева Л.Г., Чернова О.А.* Качество водных ресурсов как фактор регионального стратегирования // Региональная экономика. Юг России. 2019. Т. 7. № 1. С. 143–153.
7. Водные ресурсы России и их использование / под ред. проф. И.А. Шикломанова. СПб: Государственный гидрологический институт, 2008. 600 с.
8. Приказ МПР РФ от 25.04.2007 №111 «Об утверждении Методики водохозяйственного районирования территории Российской Федерации» (Зарегистрирован в Минюсте РФ 25.06.2007 №9682).
9. *Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г.* Территориальная организация природопользования. М.: Наука, 1993. 208 с.
10. *Винокуров Ю.И., Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю.* Территориальная организация водопользования в бассейне реки Алей // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 133–140.

УДК 349.6

ПРОБЛЕМЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Тарбаева В.М.
МОО «Природоохранный союз», Санкт-Петербург, Россия
prirodasouz@yandex.ru

Ключевые слова: общественный экологический контроль, некоммерческие организации, экологическая безопасность, охрана окружающей среды, рациональное природопользование, законодательство, административное правонарушение.

Представлен анализ современных проблем реализации общественного экологического контроля в Российской Федерации и в Санкт-Петербурге, а также предложения мер по совершенствованию механизма регламентации контрольно-надзорных мероприятий на современном этапе. Показано, что предложения общественных организаций не обеспечены сегодня силой государственного принуждения. Однако в необходимых случаях органы и лица, осуществляющие общественный экологический контроль, могут информировать компетентные органы, широкие массы общественности о своих выводах и рекомендациях по совершенствованию деятельности подконтрольных субъектов и таким образом влиять на них.

PROBLEMS OF NON-GOVERNMENTALECOLOGICAL CONTROL IN OREDER TO SECURE ECOLOGICAL SAFETY

Tarbayeva V.M.
MOO «Prirodookhranniy soyuz», St. Petersburg, Russia

Key words: public ecological monitoring, nongovernmental organizations, ecological safety, environmental protection, rational natural resource management, legislation.

The analysis of current problems and prospects of development of public ecological monitoring in the Russian Federation and Saint-Petersburg is presented. The measures of improving the regulatory activities are suggested. It is showed, today proposals made by nongovernmental organizations are not backed by the power of state coercion. However, in necessary cases authorities and persons carrying out public ecological monitoring may inform the competent state authorities and general public about their conclusions and recommendations on improving activities of monitoring entities and influence them by this way.

Создание гражданского общества предполагает вовлечение в управление делами всего общества, в осуществление экологического контроля всех звеньев и возможностей, которыми оно располагает. Основной задачей стратегии обеспечения эффективного участия граждан, общественных объединений, некоммерческих организаций и бизнес-сообщества в решении вопросов, связанных с обеспечением экологической безопасности в целом, является создание функциональной системы экологического контроля над всеми элементами и процессами, связанными с охраной окружающей среды и природопользованием, в том числе и водопользованием.

Развитие общественных, экономических и социально-политических отношений в сфере охраны окружающей среды неразрывно связано с повышением эффективности работы органов государственной власти. В целях решения этой задачи требуется не только оптимизация государственного администрирования и регулирования в сфере экологии, но и усиление роли общественного экологического контроля (ОЭК).

Контроль в сфере охраны окружающей среды и природопользования представляет собой специфическую деятельность государственных органов, общественных объединений, граждан, некоммерческих организаций и представителей бизнес-сообщества, направленную

на выявление и устранение нарушений действующего природоохранного законодательства. Данная организационно-правовая мера выполняет ряд функций:

1). предупредительная – субъекты экологического контроля, зная о возможной проверке исполнения ими правовых экологических требований, самостоятельно проявляют активность в исполнении требований законодательства и предупреждении нарушений.

2). информационная – в процессе контроля соответствующие органы и лица собирают разнообразную информацию о природоохранительной деятельности подконтрольных и поднадзорных объектов.

3). карательная – применение к нарушителям правовых экологических требований, предусмотренных законодательством санкций.

Таким образом, экологический контроль направлен на предупреждение, выявление и устранение нарушений требований природоохранного законодательства в целом.

Ст. 42 Конституции РФ каждому гражданину гарантировано право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическими правонарушениями. На основании этого, как определяет ст. 68 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ, общественный контроль осуществляется в целях реализации права каждого на благоприятную окружающую среду и предотвращение нарушений законодательства в области охраны окружающей среды.

Следующим нормативно-правовым документом, устанавливающим основы экологического контроля в России, является Федеральный закон от 27.07.2006 №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Согласно п. 4.2 ст.8 данного закона информация о состоянии окружающей среды не может быть закрытой. Также сокрытие или искажение экологической информации влечет за собой административную ответственность (ст. 8.5 КОАП РФ). В КОАП РФ Глава 8 посвящена Административным правонарушениям в области охраны окружающей среды и природопользования. Среди основных статей КОАП РФ, относящихся к экологическому законодательству, следует выделить ст. 8.12.1. Несоблюдение условия обеспечения свободного доступа граждан к водному объекту общего пользования и его береговой полосе; ст. 8.25. Нарушение правил использования лесов; ст. 8.28. Незаконная рубка, повреждение лесных насаждений или самовольное выкапывание в лесах деревьев, кустарников, лиан. Уголовная ответственность за правонарушения в природоохранной сфере описана в Главе 26 «Экологические преступления» УК РФ.

Гражданам, принявшим решение стать общественными инспекторами экологами, рекомендуется подробно изучить законодательные акты, определяющие основы экологического контроля России:

- Об охране окружающей среды – Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ;
- Об охране атмосферного воздуха – Федеральный закон от 04 мая 1999 г. № 96-ФЗ;
- Земельный кодекс РФ – Федеральный закон от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ;
- Водный кодекс РФ – Федеральный закон от 03 июня 2006 г. № 74-ФЗ;
- Лесной кодекс РФ – Федеральный закон от 04 декабря 2006 г. № 200-ФЗ;
- О животном мире – Федеральный закон от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ;
- О недрах – Федеральный закон от 21 февраля 1992 г. № 2395-1;
- Об отходах производства и потребления – Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ;
- Об экологической экспертизе – Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ;
- О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения – Федеральный закон от 30 марта 1999 № 52-ФЗ;
- О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов – Федеральный закон от 20 декабря 2004 г. № 166-ФЗ;
- Об особо охраняемых природных территориях – Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ;
- Приказ Минприроды РФ от 12 июля 2017 г. № 403 и др.

Правом стать общественным инспектором по ООС обладает каждый гражданин РФ. Лицо, желающее получить статус общественного инспектора, должно:

- быть гражданином Российской Федерации;

– достичь 18-летнего возраста;
– обладать знаниями, необходимыми для выполнения функций общественного инспектора.

Права, задачи, мероприятия и действия, которые должен совершать общественный инспектор по ООС, также подробно описаны в Приказе Минприроды РФ от 12 июля 2017 года № 403.

Общественный экологический инспектор имеет право выявить факты нарушения природоохранного законодательства и далее направить материалы в соответствующие органы власти. Документом, на основании которого уполномоченным на то органом принимается решение о наказании виновных, является протокол. Правом составления протоколов обладают только должностные лица, уполномоченные на это федеральными законами. Общественные инспектора экологи к таким лицам не относятся.

Порядок действий, направленных на пресечение экологического правонарушения, наказание виновных и устранение последствий, выглядит следующим образом:

1. Общественный инспектор (гражданин) выявляет факт нарушения, фиксирует его обстоятельства в виде акта и направляет акт в виде (или как приложение) обращения в специально уполномоченный государственный орган;

2. Государственный инспектор проводит проверку фактов, изложенных в обращении, составляет протокол, на основании которого принимается решение о возбуждении административного производства, либо о передаче информации в правоохранительные органы для возбуждения уголовного дела.

Права общественного инспектора эколога закреплены в п. 6 ст. 68 Федерального закона от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Общественные инспекторы по охране окружающей среды имеют право:

1) фиксировать, в том числе с помощью фото- и видеосъемки, правонарушения в области охраны окружающей среды и природопользования и направлять соответствующие материалы, содержащие данные, указывающие на наличие признаков административного правонарушения, в органы государственного надзора;

2) принимать меры по обеспечению сохранности вещественных доказательств на местах совершения правонарушений;

3) сообщать в устной форме физическим лицам информацию, касающуюся совершения физическим лицом правонарушения в области охраны окружающей среды;

4) содействовать в реализации государственных программ по охране объектов животного мира и среды их обитания;

5) обращаться в органы государственной власти РФ, органы государственной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления, к должностным лицам, в организации о предоставлении своевременной, полной, достоверной, необходимой для осуществления общественного контроля в области охраны окружающей среды (общественного экологического контроля) информации о состоянии окружающей среды, принимаемых мерах по ее охране, об обстоятельствах и фактах осуществления хозяйственной и иной деятельности, которые негативно воздействуют на окружающую среду, создают угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан;

6) участвовать в работе по экологическому просвещению населения.

Исходя из перечисленных выше прав общественных инспекторов по охране окружающей среды, напрашивается вывод, что за последние 15 лет уровень демократичности законов, регулирующих участие общественности в управлении государством, снизился. В частности, федеральное законодательство исключило возможность самостоятельного задержания и доставления общественными инспекторами нарушителей экологического законодательства, составления протоколов и изъятия орудий правонарушений. Государственные природоохранные органы лишились права материального поощрения активной работы общественных инспекторов за счет наложенных и взысканных с нарушителей штрафов. Несмотря на достаточную общественную значимость института общественных инспекторов по охране окружающей среды, Федеральный закон

№ 7-ФЗ не устанавливает для данной категории лиц дополнительных социальных гарантий. В ряде регионов РФ отмечается определенное противостояние интересов населения и местных органов власти, поддерживающих незаконные действия коммерческих структур.

При этом, по словам В.В. Путина: «России крайне нужны четкие правовые механизмы, позволяющие общественным организациям и гражданам реализовать свое право на благоприятную окружающую среду, получение информации, участие в принятии экологически значимых решений, на судебную защиту этих прав при наличии государственных гарантий и содействия в осуществлении общественно полезной экологической деятельности». Однако до сих пор вопрос присоединения России к Орхусской конвенции не решен и федеральный закон «Об участии общественности в охране окружающей среды» не принят.

Как уже указывалось выше, на 1-е место в профилактике экологических нарушений должны выходить их выявление и пресечение. Как добиться прекращения противоправной деятельности в сфере ООС простому гражданину? Эффективность ОЭК выражается не только в профилактике правонарушений, устранения их последствий, но и в вопросах ответственности за содеянное против природы и человека. Неотвратимость наказания за экологические преступления или иные нарушения – пока еще недостижимая мечта, но исполнение этой мечты приближает контроль НКО за применением в полном объеме всех законных видов ответственности за нарушения в этой сфере.

Одним из инструментов реализации общественного экологического контроля являются экологические акции и мероприятия. Всероссийская экологическая акция «Вода России» проводится в рамках Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» (ФЦП «Вода России»), которая реализуется под эгидой Министерства природных ресурсов и экологии РФ при поддержке МОО «Природоохранный союз». По итогам ее реализации под общественный экологический контроль взято 2514 водных объектов на территории страны. В ходе проведения ОЭК были выявлены многочисленные нарушения природоохранного законодательства, в частности, сброс бытовых отходов в водные объекты. Реализация мероприятий в рамках акции позволила привлечь внимание населения к проблемам окружающей среды, способствовала формированию экологического мировоззрения через множество конкретных дел по оздоровлению окружающей природной среды. В ОЭК были вовлечены практически все слои населения: дошкольные образовательные учреждения, школы, ВУЗы, общественные организации, промышленные предприятия, организации и учреждения, средства массовой информации, жители. В рамках акции осуществлялось тесное взаимодействие между органами государственной власти, территориальными органами федеральных органов исполнительной власти и населением.

По возможностям получения информации и применения мер воздействия на нарушителей природоохранительного законодательства общественный экологический контроль уступает государственному, вместе с тем, он обладает и серьезным преимуществом – реальной независимостью от государственных структур и ведомственных интересов. Вследствие этого, ОЭК в большей степени отражает экологические интересы населения.

Реализация системы ОЭК способствует: повышению гражданской активности; воспитанию лидеров; получению навыков.

В Санкт-Петербурге экологический контроль помимо федерального законодательства, базируется на основании «Экологической политики СПб на период до 2030 года» и регламентируется Экологическим кодексом СПб. Кодексом установлено, что в целях планирования деятельности в области рационального природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения гарантий экологической безопасности в субъекте РФ разрабатывается, принимается и утверждается стратегический план экологического устойчивого развития и обеспечения экологической безопасности. В целях сохранения окружающей среды и обеспечения экологической безопасности утверждаются региональные нормативы качества окружающей среды, содержащие соответствующие требования и устанавливаются требования не ниже требований, установленных на федеральном уровне. Определен механизм экономического регулирования охраны окружающей среды и

рационального природопользования. Установлена единая региональная система экологического мониторинга окружающей среды и природных ресурсов.

Общественная палата Санкт-Петербурга обеспечивает взаимодействие граждан РФ, проживающих на территории СПб, и НКО, созданных для представления и защиты прав и законных интересов профессиональных и социальных групп, осуществляющих деятельность на территории города, с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти, органами государственной власти Санкт-Петербурга и органами местного самоуправления внутригородских муниципальных образований СПб.

В марте 2018 года Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга создана комиссия по организации деятельности общественных инспекторов, которая по результатам оценки знаний кандидата природоохранного законодательства присваивает статус общественного инспектора по охране окружающей среды и выдает удостоверения. Таким образом, Комитет приглашает к сотрудничеству петербуржцев, желающих участвовать в ликвидации несанкционированных свалок, контроле за состоянием воздуха, воды и почвы и т.д.

Порядок организации деятельности общественных инспекторов по охране окружающей среды, в том числе форма удостоверения, порядок его выдачи, порядок взаимодействия общественных советов органов государственного лесного и экологического надзора и общественных инспекторов по охране окружающей среды, установлено в Приказе Минприроды России от 12 июля 2017 г. № 403 «Об утверждении порядка организации деятельности общественных инспекторов по охране окружающей среды» регулируется уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

Для активного участия граждан, коммерческих и некоммерческих организаций, связанных с охраной окружающей среды, рациональным природопользованием и обеспечением экологической безопасности, согласно Экологической политике Санкт-Петербурга до 20130 года, используются следующие механизмы:

- привлечение коммерческих и некоммерческих организаций к участию в разработке, обсуждении и реализации решений в области охраны окружающей среды;
- обеспечение полной и достоверной информацией о состоянии окружающей среды в соответствии с действующим законодательством;
- проведение мероприятий по результатам общественного экологического контроля;
- поддержка информационной открытости промышленных предприятий в части их негативного воздействия на ОС и меры по снижению такого воздействия.

На сегодняшний день общественное экологическое движение имеет значительную социальную и политическую силу для формирования позитивных сдвигов в направлении усиления роли общественности в сфере сохранения окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов. Ключевым моментом в работе общественников является поиск точек соприкосновения с государственными природоохранными структурами. ОЭК обладает и серьезным преимуществом – реальной независимостью от государственных структур и ведомственных интересов. Вследствие этого, общественный экологический контроль в большей степени отражает экологические интересы населения.

Практическая деятельность общественных инспекторов по ООС показала, что наиболее эффективным методом обеспечения экологической безопасности является профилактика и предотвращение экологического ущерба, осуществляемые на основе регулярного экологического мониторинга. В соответствии с ФЗ-№ 44 от 2 апреля 2014 г. «Об участии граждан в охране общественного порядка», ФЗ-№ 69 от 21 декабря 1994 г., «О пожарной безопасности», ФЗ-№ 100 от 6 мая 2011 г., «О добровольной пожарной охране», необходимо организовать взаимодействие Комиссии по координации работы общественных инспекторов Общественного совета при Росприроднадзоре с соответствующими структурами МВД РФ, МЧС РФ, ФСБ РФ с целью организации круглосуточного мобильного экологического мониторинга и общественного экологического контроля.

УДК 626.814

ВВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАМКАХ ВЫПОЛНЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗА СОСТОЯНИЕМ ДНА, БЕРЕГОВ, СОСТОЯНИЕМ И РЕЖИМОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ВОДООХРАННЫХ ЗОН

Топоркова А.А., Эль Азуази Х., Носаль А.П.
E-mail – allat@inbox.ru
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: водный объект, мониторинг состояния, эксплуатация водохранилищ, морфометрические особенности водохранилищ, дно, берега, водоохранная зона, воздействие на водный объект, режим использования водоохранной зоны, оценка состояния водного объекта, прогноз изменений состояния.

В статье представлены предложения по введению и использованию при выполнения государственного мониторинга водных объектов в части мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, состояния и режима использования водоохранных зон системы бальной оценки их социально-экологической напряженности. Предлагаемая система бальной оценки позволит Росводресурсам и заинтересованным территориальным органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации осуществлять общую оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов и их морфометрических особенностей для своевременного планирования мероприятий по предотвращению/устранению негативных последствий воздействия вод, а также направленных на экологическую реабилитацию водных объектов.

INTRODUCTION OF THE NUMERICAL SCORE SYSTEM FOR THE WATER BODIES' SOCIAL/ECOLOGICAL STRESS ASSESSMENT IN THE FRAMEWORK OF MONITORING OF BOTTOM, BANKS, STATUS AND THE USE REGIME OF THEIR WATER/PROTECTIOVE ZONES

Toporkova A.A., El-Azuazi K., Nosal A.P.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia

Key words: water body, status monitoring, reservoir exploitation, reservoir morphometric features, bottom, banks, water/protective zone, impact upon a water body, water/protective zone use regime, assessment of a water body status, forecast of the status changing

The article presents some proposals concerning introduction and applications of the numerical score system in the state monitoring of water bodies , particularly in the water bodies' bottom and banks' status monitoring, as well as monitoring of the respective water/protective zones and their use regime for their social/ecological stress assessment. The proposed numerical score system will enable the Federal Agency for Water Resources and territorial stakeholders (executive bodies of the Russian Federation constituent members) to give a general assessment and forecast of the water bodies' status and their morphometric features changing for the timely planning of measures aimed at prevention and elimination of negative consequences of waters' impact, as well as measures aimed at the water bodies' rehabilitation.

Государственный мониторинг водных объектов (ГМВО) осуществляется в соответствии со статьей 30 Водного кодекса Российской Федерации от 03.06.06 г. № 74-ФЗ [1] и Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.04.2007 г. № 219 «Об

утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов» [2] и ряда руководящих и нормативных методических документов, разработанных в их развитие.

Государственный мониторинг водных объектов (ГМВО) представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния поверхностных и подземных водных объектов, водохозяйственных систем, а также мониторинг состояния дна и берегов водных объектов, состояния и режима использования водоохранных зон (так называемый гидроморфологический мониторинг). Согласно законодательству Росводресурсы непосредственно участвуют и отвечают только за последний вид мониторинга.

Основными целями осуществления мониторинга являются своевременное выявление и прогнозирование негативного воздействия вод, а также развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов.

В рамках развития системы ГМВО для сбора сведений о результатах наблюдений, проводимых всеми участниками государственного мониторинга, в 2014 г. была введена в работу Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). АИС ГМВО с 2014 года обеспечивает формирование единого информационного пространства на основе объединения информационных ресурсов участников мониторинга, заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, собственников водных объектов и водопользователей, и является информационной основой деятельности в области использования и охраны водных объектов, в том числе трансграничных. Консолидация результатов мониторинга в едином пространстве, оперативность получения данных, возможность ознакомления с результатами мониторинга, организованным на различных уровнях и проводимыми на водных объектах по всем бассейновым округам, все это является неоспоримыми достоинствами АИС ГМВО.

Проведение гидроморфологического мониторинга осуществляется в соответствии с «Методическими указаниями по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей» [3]. Согласно данного документа ответственность по проведению гидроморфологического мониторинга на практике ложится на органы исполнительной власти (ОИВ) субъектов Российской Федерации, водопользователей и собственников водных объектов.

Накопленный пятилетний опыт организации и осуществления данного вида мониторинга на водных объектах различных субъектов Российской Федерации выявил определенные недостатки в действующей системе, особенно в системе оценки и обработки собранных сведений, их обобщению и анализу, а также прогнозирования состояния водных объектов для учета в водохозяйственной практике. Совершенствование системы мониторинга, оптимизация затрат на его проведение с получаемым природоохранным и социально-экономическим эффектом требуют поиска вариантов по устранению имеющихся недочетов.

По мнению авторов пути совершенствования необходимы по следующим направлениям:

- непосредственно проведения гидроморфологического мониторинга;
- сбора и контроля полученных данных перед внесением в АИС ГМВО с унификацией получаемой информации вне зависимости от участника мониторинга;
- корректировке форм банка данных АИС ГМВО;
- создание критериальной базы при обобщении, анализе и разработке практических рекомендаций по использованию результатов мониторинга в управлении водными объектами.

Последнее подразумевает в первую очередь использование данных мониторинга при обосновании субвенций на реабилитацию водных объектов по субъектам РФ, выборе

приоритетных водных объектов и т.д. Анализ и сопоставление результатов по гидроморфологическому мониторингу уже накопленных в АИС ГМВО показывает, что сейчас принятие решений о необходимости разработки мероприятий, планировании и первоочередности их реализации по данным мониторинга является затруднительным и по факту определяется достаточно субъективно. Во многих случаях главная причина принципиальные недостатки самих форм базы данных.

Для подтверждения этого разберем конкретный пример на четырех участках акватории Горьковского водохранилища в пределах Ярославской и Нижегородской областей. В населенных пунктах Митино, Норское, Поляны (Ярославская область) и Копытово (Нижегородская область) с 2012 года организованы и проводятся наблюдения за берегами водоема. На всех участках отмечается подмыв берегового склона, обусловленный, как природными факторами (геологическое строение склонов, воздействие русловых, ветро-волновых и ледовых процессов), так и хозяйственной деятельностью в водоохранной зоне. Результаты мониторинга за 2012–2018 годы представлены в таблице № 1.

Таблица 1. Результаты мониторинга за 2012–2018 годы за берегами Горьковского водохранилища в н.п. Митино, Норское, Поляны (Ярославская область) и Копытово (Нижегородская область) (форма 26)

Дата провед. наблю-дений	Измен. положения береговой линии, Δx, м	Динамика, причины изменения берегов	Последствия и потенциальная опасность изменения
н.п. Митино (492,0 - 492,1 км сх Горьковского водохранилища, левый берег)			
18.07.2012	0	–	–
10.07.2013	-1,77 м	подмыв	Нет
07.07.2015	0,02 м	Основным фактором переработки берегов Горьковского водохранилища служат русловые, ветро-волновые и ледовые процессы. геологическое строение склонов. современная хозяйствующая деятельность человека в водоохранной зоне	Ущерб окружающей среде, загрязнение продуктами эрозии. материальный ущерб вследствие нарушения жизнедеятельности человека
12.07.2016	0,2 м	- то же -	- то же -
н.п. Норское (507 км сх Горьковского водохранилища, правый берег)			
21.07.2012	0,27 м	подмыв	Ущерб окружающей среде, загрязнение продуктами эрозии. Материальный ущерб. вследствии нарушения жизнедеятельности человека
09.07.2013	-0,22 м	подмыв	Нет
29.07.2014	1,36 м	подмыв	Ущерб окружающей среде, загрязнение продуктами эрозии. Материальный ущерб. вследствие нарушения жизнедеятельности человека.
07.07.2015	0	–	–
14.07.2016	0	–	–
13.07.2017	0	–	–
10.07.2018	0	–	–
н.п. Поляны (545 км сх Горьковского водохранилища, правый берег)			
19.07.2012	0		
08.07.2013	-0,15	подмыв	Нет

Дата провед. наблю-дений	Измен. положения береговой линии, Δx, м	Динамика, причины изменения берегов	Последствия и потенциальная опасность изменения
27.07.2014	0,3 м	подмыв	Ущерб окружающей среде, загрязнение продуктами эрозии. Материальный ущерб. вследствие нарушения жизнедеятельности человека.
06.07.2015	0	–	–
15.07.2016	0	–	–
14.07.2017	0	–	–
11.07.2018	0	–	–
н.п. Копытово (812 км сх Горьковского водохранилища, левый берег)			
05.07.2012	0,05 м	подмыв	Ущерб окружающей среде, загрязнение продуктами эрозии. Материальный ущерб. вследствие нарушения жизнедеятельности человека
24.07.2013	-0,45 м	подмыв	Нет
12.07.2014	1,3 м	подмыв	Ущерб окружающей среде, загрязнение продуктами эрозии. Материальный ущерб. вследствие нарушения жизнедеятельности человека
16.07.2015	0	–	–
20.07.2016	0,1 м	подмыв	Ущерб окружающей среде, загрязнение продуктами эрозии. Материальный ущерб. вследствие нарушения жизнедеятельности человека
31.07.2017	0,25 м	- то же -	- то же -
31.07.2018	0,50 м	- то же -	- то же -

При формальном наличии информации в форме 26 АИС ГМВО нет возможности установить протяженность участков проявления направленных эрозионных процессов. В подавляющем большинстве участок зафиксирован в виде одной точки с координатами, что минимизирует объективность и достоверность. Таким образом, отсутствует первичный параметр, который позволяет в целом оценить масштабы деформации берега, потенциальной опасности для хозяйственных объектов и как следствие социально-экологической напряженности. Причиной такой разношерстности в накопленных данных является несовершенство существующих форм, отсутствия позиций для внесения данных о протяженности участков. В принципе не реализована возможность хранения геоинформационного материала, который позволял бы оперативно оценить ситуацию, без привлечения дополнительных ресурсов.

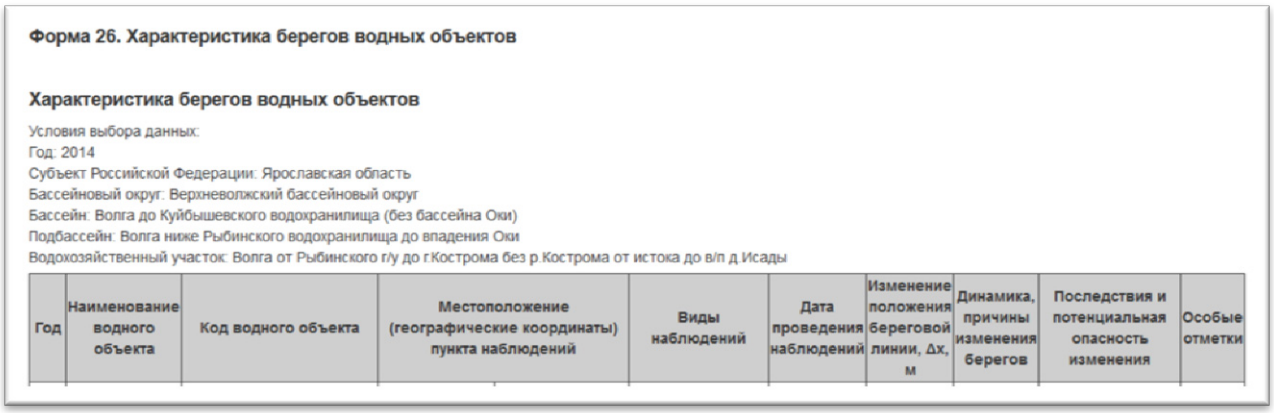
Следует обратить внимание на то, что контроль вносимых в АИС ГМВО значений Δx не всегда осуществляется по единым требованиям. В рассматриваемом примере об этом свидетельствуют данные за 2013 год, которые качественно отличаются от данных за другие годы. Значение Δx приведены со знаком «-», в отличие от данных за другие годы. Знак минус как бы свидетельствует об обратном процессе «намыве берега», но при этом в графе «причины изменения берегов» указано, что происходит «подмыв». Очевидно, что в конкретном случае просто не был выполнен должный контроль при вводе данных, при отсутствии у исполнителя четких указаний в каком формате следует вносить результаты мониторинга, что исключило бы подобное разночтение. Подобные неточности и несовместимости вносимых данных отмечаются и в других формах АИС ГМВО на многих водных объектах, но не фиксируются и не корректируются.

В рассматриваемом примере наиболее значительные изменения положения береговой линии за период 2012-18 гг. произошли в н.п. Копытово (суммарное изменение Δx=2,65 м).

Менее значимые изменения произошли в н.п. Митино (Δx=1,99 м), в н.п. Норское (Δx=1,85 м) и в н.п. Поляны (Δx=0,45 м).

Необходимость разработки мероприятий направленных на снижение негативного воздействия вод, осуществить первоочерёдность, планирование и сроки их реализации в рамках взаимодействия Росводресурсов с уполномоченными исполнительными органами субъектов Российской Федерации в сфере водных отношений должны опираться на результаты мониторинга содержащиеся в форме 26 (образец шапки формы 26 представлен на рис. 1). Основные показатели (критерии) следующие:

- *изменение положения береговой линии, динамика и причины изменения*
- *последствия и потенциальная опасность изменения*.



Форма 26. Характеристика берегов водных объектов

Характеристика берегов водных объектов

Условия выбора данных:
Год: 2014
Субъект Российской Федерации: Ярославская область
Бассейновый округ: Верхневолжский бассейновый округ
Бассейн: Волга до Куйбышевского водохранилища (без бассейна Оки)
Подбассейн: Волга ниже Рыбинского водохранилища до впадения Оки
Водохозяйственный участок: Волга от Рыбинского г/у до г.Кострома без р.Кострома от истока до в/п д.Исады

Год	Наименование водного объекта	Код водного объекта	Местоположение (географические координаты) пункта наблюдений	Виды наблюдений	Дата проведения наблюдений	Изменение положения береговой линии, Δx, м	Динамика, причины изменения берегов	Последствия и потенциальная опасность изменения	Особые отметки

Рис. 1. Информационная наполненность формы 26 «Характеристика берегов водных объектов» (утвержденная приказом МПР России от 07.05.2008 N 111 [4]).

Выполним предварительную оценку приоритетности проведения мероприятий для рассматриваемых участков на Горьковском водохранилище по указанным показателям.

В форме 26 для всех участков в графе *«последствия и потенциальная опасность изменения»* указано наличие потенциальной опасности возникновения материального ущерба, вследствие нарушения жизнедеятельности человека, а также ущерб окружающей среде в результате загрязнение водного объекта продуктами эрозии. Следовательно, для всех участков следует ожидать в неопределённом будущем необходимость проведения мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия вод. Очевидно, что первоочередными следует рассматривать те участки, где потенциальный ущерб может быть наибольший. Но фактически в форме 26 эта информация не отражена: не ясно для какого число жителей возможно нарушение жизнедеятельности человека (для 10-20, 100 или более человек), нарушение функционирования хозяйственных и инфраструктурных объектов, влияние на русловые процессы и т.д. Выбор приоритетности участка по этому критерию неочевиден.

Несколько лучшее обоснование можно получить при установлении первоочередности мероприятий при использовании критерия *«изменение положения береговой линии Δx»*. Все участки ранжируются в убывающем порядке по максимальному суммарному за все годы наблюдений значению Δx. Если основываться только на этой цифре, то первоочередным участком является д. Копытово: здесь отмечается наибольшее за 7 лет наблюдений приближение бровки берега к жилым постройкам (Δx=2,65 м). Работа с космоснимками показывает, что д. Копытово это деревня с 12 жилыми домами, в потенциальной зоне риска находится 3 жилых строения, которые расположены на расстоянии 70 м от размываемого берега (рис. 2). В форме 26 сведений об этом нет.

Выполнив ориентировочный прогноз и приняв темпы годового изменения положения берега равными максимально зафиксированному в 2014 году значению $\Delta x_{макс}$=1,3 м получим, что береговая кромка приблизится к жилым постройкам не ранее, чем через 53 года. Если же среднегодовое изменение положения берега принять равным среднеарифметическому значению за весь период наблюдений $\Delta x_{ср}$=0,4 м (что является

наиболее обоснованным вариантом, так как интенсивность эрозионных процессов непостоянна и зависит от многих факторов гидрологических, метеорологических, гидрогеологических и других), то получим, что берег приблизится к жилым постройкам не ранее, чем через 175 лет.



Рис. 2. Деревня Копытово (812 км Горьковского водохранилища).

Село Митино является населенным пунктом с 22 жилыми домами, в зоне вероятного риска находятся 3 жилых строения, расположенные на расстоянии 60 м от размываемого берега. За 7 лет наблюдений бровки берега приблизилась к жилым домам на 1,99 м. Применив тот же подход, получим при максимальных темпах размыва береговая кромка вплотную приблизится к строениям через 34 года, а при среднем значение темпов размыва берег приблизится к жилым постройкам не ранее, чем через 150 лет.

За 7 лет наблюдений участка берега в селе Норское приближение его бровки к жилым домам произошло на Δx=1,85 м. В потенциальной зоне риска расположено 3 жилых строения, на расстоянии 65 м от подмываемого берега. При максимальных темпах размыва береговая кромка вплотную приблизится к строениям через 48 лет, а при среднем значение темпов размыва берег приблизится к жилым постройкам не ранее, чем через 216 лет.

Предварительный прогноз развития ситуации показывает, что разработка инженерных мероприятий по снижению негативного воздействия вод для всех рассматриваемых участков на Горьковском водохранилище в ближайшие 20–25 лет с большой долей вероятности не потребуется. Более того, для эффективного использования выделяемых на мониторинг бюджетных средств, частоту проведение полевых инструментальных наблюдений на этих участках можно сократить, уходя от ежегодных к периодическим наблюдениям. Вполне достаточно ежегодно проводить лишь контроль по космоснимкам, проводимый в камеральных условиях. При этом следует отметить, что необходимо ограничить строительство объектов в зоне потенциального размыва, в противном случае время начала воздействия на постройки может существенно сократиться.

Таким образом, на конкретном примере наглядно продемонстрировано, что параметр *«изменения положения береговой линии Δx»*, как величина, резюмирующая результаты мониторинга за берегами, не дает однозначного ответа, на каких участках следует в ближайшее время планировать какие-либо мероприятия, где их можно отложить на неопределенное время и ограничиться лишь систематическими (периодическими) наблюдениями за состоянием потенциально опасного участка. Без привлечения дополнительных данных и расчетов однозначно делать выводы о целесообразности и первоочередности планирования природоохранных мероприятий не представляется возможным.

Сведения, приводимые в графе *«последствия и потенциальная опасность изменения»* в том виде, в котором это предусмотрено формой также не вносит четкой определенности для решения задачи планирования. Во всех проанализированных формах АИС ГМВО в графе указываются лишь общие причины, без какой-либо конкретики. Номинально оценка состояния берега выполнена, последствия и потенциальная опасность установлены, но конечная цель (прогноз и планирование) по этим данным необъективна и труднодостижима.

Результаты гидроморфологического мониторинга должны сопровождаться пояснительной запиской, включающей перечень и способы выполнения наблюдений, картографические и фотоматериалы, анализ результатов и выводы о состоянии водного объекта. Но единых требований к форме и содержанию пояснительной записки не сформулировано ни в одном нормативном документе и это допускает разнородность документа, и как следствие, невозможность сопоставления результатов мониторинга за разные периоды наблюдений. С учетом того, что мониторинг в разные годы одного и того же участка водного объекта может проводиться разными организациями, то это только усугубляет ситуацию. По факту выводы и ретроспективный анализ изменения состояния, которые может сделать исполнитель остаются неотраженными в форме 26. При направлении пояснительной записки в региональный архив она станет труднодоступной, а через 10–20 лет и вовсе может быть утрачена.

С целью более рациональной трактовки результатов мониторинга предлагаем ввести в формы по гидроморфологическому мониторингу (формы 25, 26, 27) графу, которая будет содержать итоговую оценку, отражающую фактическое состояние водного объекта, выраженное в сопоставимых значениях. Изменение итоговой оценки в ретроспективе будет ясно демонстрировать направленность и интенсивность происходящих изменений. В итоге аккумулируемая в АИС ГМВО информация позволит Росводресурсам и органам власти субъектов РФ принимать оправданные и своевременные управленческие решения, направленные на снижение негативного воздействия вод, либо экологическую реабилитацию водных объектов.

Для выработки единого подхода при обобщении и анализе, унификации и объективности сравнительной оценки результатов мониторинга в качестве основы предлагается принять *систему балльной оценки комплексной социально-экологической напряженности* мониторируемого водного объекта. Пилотный вариант данной системы оценки подготовлен для водных объектов, водные ресурсы которых используется для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения одного, либо двух и более субъектов Российской Федерации, т.е. за мониторинг которых отвечают Росводресурсы.

Пятибалльная система разработана раздельно по характерным критериям каждой составляющей гидроморфологического мониторинга (дно, берега, водоохранные зоны). Предложенный подход в оценке состояния учитывает ряд объективных показателей: общую фактическую характеристику рассматриваемого участка водного объекта, причины и темпы развитие негативных процессов, потенциальную опасность в результате развития негативных процессов, по совокупности которых в итоге устанавливаются периодичность и детальность проведения наблюдений, необходимость планирования природоохранных мероприятий.

Для объекта мониторинга выделены несколько основных и дополнительных критериев. По основным критериям балльная оценка может изменяться от 0 до 1,0, по дополнительным критериям оценка изменяется от 0 до 0,75. По каждому из критериев

экспертным путем или по результатам инструментальных измерений определяется балл, сумма которых по всем критериям дает итоговый результат оценки социально-экологической напряженности мониторируемого водного объекта.

Балльная оценка состояния дна водного объекта

Состояние дна водного объекта согласно части VIII «Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей» [3] следует устанавливать на основе геоморфологических съемок для получения данных о плановых и высотных деформациях и их динамикой. Поскольку пилотный проект ориентирован на водохранилища ниже представлены критерии, отражающие их специфику.

В качестве основных критериев оценки состояния дна водного объекта приняты параметры, отражающие процессы заиление/размыва дна водного объекта:

- изменение фактической средней глубины на участке за период между наблюдениями;
- наличие нарушений в работе водозаборных сооружений в результате их занесения донными отложениями (по сведениям эксплуатирующих организаций);
- нарушения в судоходстве (для судоходных водных объектов).

В качестве дополнительных критериев оценки приняты:

- наличие на участке наблюдений либо в непосредственной близости ГТС и иных инженерных сооружений;
- режим регулирования работы водохранилищ и срок их эксплуатации;
- наличие на дне инородных объектов, способствующих заилению;
- влияние заиления на использование водного объекта для целей, предусмотренных Правилами использования водохранилища.

Таблица 2. Критерии балльной оценки социально-экологической напряженности для дна водного объекта

№ пп	Критерий оценки	Показатель	Балл
1	Режим регулирования работы водохранилища	Многолетнего регулирования	0,75
		Сезонного регулирования	0,5
		Суточного регулирования	0,25
2	Срок эксплуатации водохранилища	1 ~10 лет	0,5
		больше 10 до 50 лет	0,25
		> 50 лет	0,75
3	Наличие инородных объектов на дне, которые способствуют отложению взвешенных частиц	Есть	0,25
		Отсутствуют	0
4	Влияние заиления при использовании в рекреационных целях и для любительского рыболовства	Оказывает влияние	0,25
		Не оказывает влияние	0
5	Наличие ГТС и иных инженерных сооружений на участке наблюдений, либо в непосредственной близости, на которое оказывается негативное влияние	ГТС есть и отмечается негативное воздействие	1,0
		ГТС есть и прогнозируется появление негативного влияния на него в ближайшие время	0,5
		ГТС есть, негативное влияние отсутствует	0,25
		Нет ГТС и сооружений	0

№ пп	Критерий оценки	Показатель	Балл
6	Изменение средних глубин на величину Δz (м)	> 10% от $h_{ср}$	1,0
		от 8 до 10% от $h_{ср}$	0,75
		от 6 до 8% от $h_{ср}$	0,5
		от 4 до 6% от $h_{ср}$	0,25
		≤ 4% от $h_{ср}$	0
7	Нарушения работы водозаборный сооружений, судоходства в результате заиления	Отмечаются при сработке уровня воды ниже НПУ	1,0
		Отмечаются при сработке уровня воды ниже НПУ на ½ допустимой сработки	0,75
		Отмечаются при сработке уровня воды близких к УМО (либо УДС)	0,5
		Нарушения отсутствуют	0

Итоговая оценка определяется суммированием баллов по всем семи показателям. Расшифровка итогового балла социально-экологической напряженности дна водного объекта, следующая:

1 балл – разработка инженерных мероприятий не требуется, выполняется периодический контроль состояния по данным дистанционного зондирования Земли, морфологическая съемка дна водного объекта проводится 1 раз в 10–12 лет;

2 балла – разработка инженерных мероприятий не требуется, выполняется периодический контроль состояния по данным дистанционного зондирования Земли, морфологическая съемка дна водного объекта проводится 1 раз в 5–6 лет;

3 балла – разработка инженерных мероприятий не требуется, выполняется ежегодный контроль состояния по данным дистанционного зондирования Земли, визуальные наблюдения и морфологическая съемка дна водного объекта проводится 1 раз в 3 года;

4 балла – разработка инженерных мероприятий не требуется, ежегодно выполняются визуальные наблюдения и инструментальная морфологическая съемка дна водного объекта;

5 баллов – в ближайшие 5 лет потребуется разработка инженерных мероприятий, ежегодно выполняются визуальные наблюдения и инструментальная морфологическая съемка дна водного объекта.

Балльная оценка состояния берегов водного объекта

В качестве основных критериев оценки состояния берегов водного объекта приняты:

- интенсивность процесса изменения положения берегового склона во времени Δx (м);
- потенциальная опасность изменения для условий жизнедеятельности населения.

В качестве дополнительных критериев оценки приняты:

- данные о расположении наблюдаемого участка (в границах/за пределами границ населенного пункта);
- общая характеристика грунта, слагающего берег;
- характер растительности на берегу;
- средняя высота и протяженность берегового склона;
- наличие на участке наблюдений или вблизи водозаборных сооружений, других гидротехнических и инженерных сооружений.

Итоговая оценка определяется суммирование баллов по всем восьми показателям. Расшифровка итогового балла социально-экологической напряженности берегов водного объекта, следующая:

1 балл – разработка инженерных мероприятий не требуется, выполняется периодический контроль состояния берега по данным дистанционного зондирования Земли, инструментальные наблюдения проводятся 1 раз в 6–12 лет;

2 балла – разработка инженерных мероприятий не требуется, выполняется периодический контроль состояния берега по данным дистанционного зондирования Земли, визуальные наблюдения на участке в полевых условиях проводятся 1 раз в 2–3 года, инструментальные наблюдения 1 раз в 5–6 лет;

3 балла – разработка инженерных мероприятий не требуется, выполняется ежегодный контроль состояния по данным дистанционного зондирования Земли, визуальные и инструментальные наблюдения на участке выполняются 1 раз в 2–3 года;

4 балла – разработка инженерных мероприятий не требуется, выполняются визуальные и инструментальные наблюдения на участке проводятся ежегодно;

5 баллов – в ближайшие 5 лет потребуется разработка инженерных мероприятий, инструментальные наблюдения выполняются ежегодно.

Таблица 3. Критерии балльной оценки социально-экологической напряженности берегов водного объекта

№ пп	Критерий оценки	Показатель	Балл
1	Расположение наблюдаемого участка	В границах населенного пункта	0,2
		За пределами границ населенного пункта	0
2	Общая характеристика грунта склона	Несвязный грунт	0,4
		Связный грунт	0,2
3	Характеристика растительного покрова	Луговая растительность; приусадебные участки	0,4
		Древесно-кустарниковая растительность	0,2
4	Средняя высота склона, подверженного эрозионным процессам	> 5 м	0,5
		≤ 5 м	0,4
5	Протяженность берегового склона, подверженного эрозионным процессам	≥ 50 м	0,5
		от 10 до 50 м	0,4
		≤ 10 м	0,3
6	Расстояние до жилых строений, ГТС и других объектов инфраструктуры	≤ 5 м	1,0
		больше 5 до 10 м	0,75
		больше 10 до 15 м	0,5
		больше 15 до 25 м	0,25
		≥ 25 м	0
7	Максимальное изменение положения береговой линии Δx (м)	≥ 3 м	1,0
		больше 1 до 3 м	0,75
		больше 0,5 до 1 м	0,5
		больше 0,1 до 0,5 м	0,25
		≤ 0,1 м	0
8	Потенциальная опасность нарушения жизнедеятельности человека	> 30 человек	1,0
		16 ~ 30 человек	0,75
		6 ~ 15 человек	0,5
		1 ~ 5 человек	0,25
		отсутствует	0

Балльная оценка состояния ВОЗ водного объекта и режима ее использования

В качестве основных критериев оценки состояния водоохранной зоны водного объекта приняты:

– критерии, отражающие факторы нарушения требований пункта 15 статьи 65 Водного кодекса;
– степень и потенциальную опасности изменения естественного состояния ВОЗ в результате хозяйственной деятельности человека, как для состояния водного объекта, так и для условий жизнедеятельности населения.

В качестве дополнительных критериев оценки приняты:

– критерии, отражающие наличии процессов подтопления/заболачивания ВОЗ;
– степень хозяйственного освоение ВОЗ и характеристика освоенности.

Таблица 4. Критерии балльной оценки социально-экологической напряженности водоохранной зоны водного объекта

№ пп	Критерий оценки	Показатель	Балл
1	Степень хозяйственного освоения береговой полосы	Значительная	0, 4
		Незначительная	0,2
		Береговая полоса не освоена	0
2	Жилая застройка в пределах ВОЗ	Малоэтажная (1-3 этажа) с приусадебными участками	0,4
		Средне- (4-5 этажей) и многоэтажная без приусадебных участков	0,2
		Отсутствует	0
3	Рекреационные зоны в пределах ВОЗ	Неорганизованные	0,4
		Организованные	0,2
		Отсутствуют	0
4	Подтапливаемые / заболачиваемые участки в пределах ВОЗ	Присутствуют, подтапливаются социальные объекты	0,8
		Отсутствуют	0
5	Наличие централизованной канализации жилых кварталов в пределах ВОЗ	Хозбытовая и ливневая канализация отсутствуют	1,0
		Хозбытовая канализация есть, ливневой сток не организован	0,6
		Хозбытовая канализация есть, ливневой сток организован с очисткой	0
6	Наличие промышленных объектов в пределах ВОЗ	> 3	1
		1-3	0,8
		Отсутствуют	0
7	Нарушения п.15 ст.65 ВК (наличие свалок твердых бытовых отходов, стоянок автотранспортных средств и др.)	Нарушения есть больше, чем по одному пункту	1,0
		Нарушение по одному пункту	0,8
		Нет нарушений	0

Итоговая оценка определяется суммированием баллов по всем семи показателям. Расшифровка итогового балла социально-экологической напряженности ВОЗ водного объекта:

1 балл – разработка реабилитационных мероприятий не требуется, выполняются визуальные наблюдения 1 раз в 10–12 лет;

2 балла – разработка реабилитационных мероприятий не требуется, выполняются визуальные наблюдения 1 раз в 5–6 лет;

3 балла – разработка реабилитационных мероприятий не требуется, выполняются визуальные наблюдения 1 раз в 2–3 года;

4 балла – разработка реабилитационных мероприятий не требуется, выполняются ежегодные визуальные при необходимости инструментальные наблюдения 1 раз в 2 года;

5 баллов – требуется разработка реабилитационных мероприятий, выполняются ежегодные инструментальные наблюдения 1 раз в год.

Общая оценка состояния объекта мониторинга определяется последовательным оцениваем по всем основным и дополнительным критериям, с последующим суммированием полученных баллов с округлением результата до целого числа по правилам математического округления чисел.

Для визуализации процесса выполним оценку состояния берега Горьковского водохранилища на участке в д. Копытово на примере 2013 года. Схема принятия оценочных решений представлена на рис. 3.

Дополнительные критерии оценки

1. Расположение наблюдаемого участка:	
В границах населенного пункта	0,2
За пределами границ населенного пункта	0
2. Общая характеристика грунта склона:	
Несвязный грунт	0,4
Связный грунт	0,2
3. Характеристика растительного покрова:	
Луговая растительность; приусадебные участки	0,4
Древесно-кустарниковая растительность	0,2
4. Средняя высота склона, подверженного эрозионным процессам:	
> 5 м	0,5
≤ 5 м	0,4
5. Протяженность берегового склона, подверженного эрозионным процессам:	
> 50 м	0,5
от 10 до 50 м	0,4
≤ 10 м	0,3

Основные критерии оценки

6. Расстояние до жилых строений, ГТС и других объектов инфраструктуры:	
≤ 5 м	1,0
больше 5 до 10 м	0,75
больше 10 до 15 м	0,5
больше 15 до 25 м	0,25
≥ 25 м	0
7. Максимальное изменение положения береговой линии Δx (м):	
≥ 3 м	1,0
больше 1,0 до 3,0 м	0,75
больше 0,5 до 1,0 м	0,5
больше 0,1 до 0,5 м	0,25
≤ 0,1 м	0
8. Потенциальная опасность нарушения жизнедеятельности человека:	
> 30 человек	1,0
16 ~ 30 человек	0,75
6 ~ 15 человек	0,5
1 ~ 5 человек	0,25
Отсутствует	0

∑3,15 → **3 балла**

Рис. 3. Оценка социально-экологической напряженности состояния берега на участке Горьковского водохранилища в н.п. Копытово (2013 г.).

Итоговый балл социально-экологической напряженности состояния берега в 2013 году составляет 3 балла, что указывает на отсутствие необходимости разработки инженерных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия вод в ближайшие годы. Рекомендуется выполнять ежегодный контроль состояния участка по данным дистанционного зондирования Земли, а визуальные наблюдения и морфологическую съемку водного объекта в полевых условиях следует провести спустя 3 года, то есть в 2017 году. В 2017 г. оценка состояния берега осталась на уровне 3 балов, следовательно повторение мониторинга следует выполнить в 2020 году.

В настоящее время специалистами ФГБУ РосНИИВХ проводится апробация предложенной бальной оценки состояния дна, берегов и ВОЗ на ряде водных объектов с целью выявления ее работоспособности и объективности, актуальности использования отдельных критериев, которые могут вносить недооценку/либо переоценку происходящих процессов, либо выявление иных необходимых критериев оценки. Внедрение в практику системы бальной оценки рекомендуется после ее окончательной доработки по результатам апробации.

Использование предложенной системы бальной оценки социально-экологической напряженности позволит Росводресурсам в сотрудничестве с органами исполнительной власти в субъектах Российской Федерации реально и обоснованно использовать данные мониторинга в управлении водными объектами, своевременно планировать мероприятия по предотвращению/устранению негативных последствий воздействия вод и использоваться в качестве обоснования субвенций на экологическую реабилитацию водных объектов по субъектам РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Рос. Федерации от 30 июня 2006 г. N 74-ФЗ: принят Гос. Думой Рос. Федерации 23 июня 2006 г.: одобр. Советом Федерации 26 мая 2006 г.: ввод. Федер. законом Рос. Федерации от 29 дек. 2012 г. N 315-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. - 2006. – N 23, ст. 2381. – 2008. – N 29, ст. 3418. – 2011. – N 30, ст. 4590, 4605. – 2012. – N 26, ст. 3446. – 2013. – N 43, ст. 5452. – 2014. – N 26, ст. 3387, N 30, ст. 4220, 4262. – 2015. - N 1, ст. 11, N 27, ст. 3994. – 2016. N 1, ст. 28. – 2018. - N 32, ст. 5114, N 53, ст. 8422. – 2019. - N 31, ст. 4453.
2. Постановление Правительства Рос. Федерации от 10 апр. 2007 г. N 219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов» // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2007. – N 16, ст. 1921. – 2009. N 18, ст. 2248, N 43, ст. 5080. – 2011. N 29, ст. 4493, N 47, ст. 6660. – 2013. N 24, ст. 2999. – 2014. N 18, ст. 2201.
3. Приказ Минприроды России от 08.10.2014 N 432 об утверждении «Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей»: зарегистр. в Минюсте России 11 ноября 2014 г. N 34630 // Российская газета от 30 дек. 2014 г. N 298.
4. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 07.05.2008 N 111 «Об утверждении форм и порядка представления данных мониторинга, полученных участниками ведения государственного мониторинга водных объектов»: зарегистр. в Минюсте России 29 мая 2008 г. N 11782 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 7 июля 2008 г. N 27.
5. ГОСТ Р 7.0.5-2008. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»: утв. и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 28 апр. 2008 г. N 95-ст // М.: Стандартинформ. 2008 г.

УДК 556.012

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УЧАСТКОВ ВОДОТОКОВ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Третьякова А.Н.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
tret-alla-n@yandex.ru

Ключевые слова: качество воды, оценка состояния реки, показатель антропогенной нагрузки, самоочищение, истощение, деградация.

В данной работе представлены результаты оценки состояния участков водотока на примере р. Туры, выделены различные состояния: самоочищение, истощение и деградация. Показаны ошибочность критериев деградации через кратность предельно-допустимых концентраций и преимущества оценки состояния воды водотока через показатель антропогенной нагрузки с выполнением обязательных условий.

CRITERIA FOR ASSESSMENT THE STATUS OF WATERCOURSES ON HYDROCHEMICAL INDICATORS TO JUSTIFY REHABILITATION MEASURES

Tretyakova A.N.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia

Key words: water quality, river status assessment, indicator of anthropogenic load, self-purification, depletion, degradation.

This paper presents the results of the assessment of the state of the watercourse on the example of the river Tura, highlighted the different states: self-purification, depletion and degradation. Shows the fallacy of the criteria for degradation using the ratio of maximum permissible concentrations and benefits assessment of the watercourse through an indicator of anthropogenic load with the implementation of the mandatory conditions.

Одной из задач ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса» и национального проекта «Экология» является экологическая реабилитация водных объектов. Для определения реабилитационных мероприятий и эффективного их применения важно понимание состояния водохозяйственных участков водного объекта, выявление деградирующих, особенно нуждающихся в реабилитации.

В 2018 году был разработан проект постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Порядка возмещения вреда, причиненного водному объекту при сбросе загрязняющих веществ в водные объекты и централизованные системы водоотведения поселений, городских округов организациями, осуществляющими водоотведение, и их абонентами» (подготовлен Минстроем России 15.06.2018), в котором был предложен термин «деградация водных объектов». В первой редакции «деградация водного объекта» – это устойчивые отрицательные изменения состояния естественных экологических систем водного объекта, которые ведут к ограничению или невозможности использования водного объекта по назначению, соответствующие двум и более критериям, указанным в приложении к настоящему Порядку. Во второй редакции «деградация водного объекта» – негативные изменения состояния естественных экологических систем водного объекта, соответствующие двум и более критериям деградации водного объекта. Соответственно, «критерии деградации водного объекта» – показатели, определяющие отрицательные изменения состояния естественных экологических систем водного объекта и характеризующие признаки деградации, перечень и значения которых указаны в приложении.

Критерии приведены по гидробиологическим и гидрохимическим показателям, которые заимствованы из методики «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» (утв. Минприроды РФ 30.11.1992). Признаки деградации соответствуют кризисной ситуации или зоне чрезвычайной экологической ситуации (табл. 1) с условием, что в случае установления значений фонового загрязнения выше значений ПДК, используются фоновые значения. Для критериев используются наиболее жесткие значения ПДК из перечня [1–3].

Биологические показатели, приведенные в проекте постановления, определяются методами биоиндикации. Значительным препятствием для повсеместного внедрения методов биоиндикации является дефицит высококвалифицированных специалистов-биологов для отбора проб и проведения анализа.

В связи с этим в первую очередь предлагается определять состояние «деградации» по концентрациям химических показателей, а методы биоиндикации использовать для подтверждения этого состояния.

Табл. 1. Критерии деградации водного объекта по степени химического загрязнения[1]

N п\п	Показатели	Признаки деградации
1	Химические вещества 1–2 класса опасности[2] 3–4 класса опасности[2]	более 5 более 50
2	Запахи, привкусы, баллы	более 3
3	Реакция среды, pH	5,7–6,5
4	Химическое потребление кислорода ХПК (антропогенная составляющая к фону), мг O_2/л	10–20
5	Растворенный кислород, процент насыщения	менее 50
6	Биогенные вещества: ионы нитритов[2] ионы нитратов[2] соли аммония[2] ионы фосфатов, мг/л	 более 5 более 10 более 5 более 0,3
7	Минерализация, мг/л (превышение регионального уровня)[2]	более 2
8	КДА (коэффициент донной аккумуляции)	$n\times10^3$–$n\times10^4$
9	$К_н$ (коэффициент накопления в гидробионтах)	$n\times10^4$–$n\times10^5$

Примечания
1. При стабильном сохранении химического загрязнения в течение периода причинения вреда водному объекту.
2. Значения указаны в кратности ПДК.

Вызывает недоумение введение органолептических показателей и ограниченный (от 5,7 до 6,5 ед. pH) диапазон величины pH среды. Возможны ситуации как с увеличением pH больше 8,5, так и с уменьшением pH меньше 5,7, т.е. должны быть указаны величины меньше 6,5 или больше 8,5.

Согласно данным, представленным в табл. 1, предельно-допустимые концентрации соединений азота для водных объектов рыбохозяйственного назначения соответствуют III–IV классу качества классификации СЭВ [4] (табл. 2). III класс качества является переходным классом от состояния «истощение» к «деградация», все признаки которой наблюдаются при IV классе качества поверхностных вод.

Исходя из данных, представленных в табл. 2, предельно-допустимые концентрации соединений азота для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения соответствуют уже IV–VI классу качества, т.е. изначально эти концентрации соответствуют состоянию

деградации. При умножении на соответствующий коэффициент (табл. 1) получаем VI класс качества (необратимая деградация).

Значения предельно-допустимых концентраций ионов металлов соответствуют I–II классу, при умножении на коэффициент в зависимости от класса опасности (таблица 1) значения концентраций металлов попадают в III–VI класс, за исключением ионов ртути, меди и цинка (I–II класс).

Величины коэффициентов донной аккумуляции (КДА), рассчитанные для нескольких водных объектов Уральского региона, составляет 10^4–10^5 и свидетельствуют о высоком уровне хронического загрязнения, включая фоновые створы. В то же время индексы загрязненности, рассчитанные по другим методикам, соответствуют незагрязненным, слабо или умеренно загрязненным донным отложениям.

Табл. 2. Соотнесение предельно-допустимых концентраций веществ к классам качества

Показатели	$ПДК_{сг}$[1] Соответствие к классу	$ПДК_{рх}$[2] Соответствие к классу
Общая минерализация	1000 мг/л IV	–
Хлориды	350 мг/л V	300 мг/л IV
Сульфаты	500 мг/л VI	100 мг/л II
Органические вещества по ХПК	15 (30)[3] мг O_2/л	–
	I (III)[3]	
Азот аммонийный	1,2 мг/л IV	0,4 мг/л III
Азот нитритный	1,0 мг/л VI	0,02 мг/л III
Азот нитратный	10,2 мг/л V	9,0 мг/л IV
Фосфат-ион	–	0,15/ 0,46/ 0,61 мг/л[4] II/ III/ IV
Железо общее	0,3 мг/л I	0,1 мг/л I
Марганец	0,1 мг/л II	0,01 мг/л I
Мышьяк	0,01 мг/л I	0,05 мг/л III
Кадмий	0,001 мг/л I	0,005 мг/л II
Медь	1,0 мг/л VI	0,001 мг/л I
Цинк	1,0 мг/л II	0,01 мг/л I
Ртуть	0,0005 мг/л I	0,00001 мг/л II
Свинец	0,01 мг/л I	0,006 мг/л I

Примечания

1 $ПДК_{сг}$ – предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в водных объектах для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения и рекреационного водопользования.

2 $ПДК_{рх}$ – предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения.

3 В скобках указаны значения ПДКсг для рекреационного водопользования.

4 Через черту указаны значения фосфат-ионов для олиготрофных, мезотрофных и эвтрофных водных объектов соответственно.

Выявленные недостатки в разработанном проекте документа не позволяют однозначно делать выводы о наступлении процесса деградации водного объекта или его участка с использованием предлагаемого подхода относительно предельно-допустимых концентраций. Еще одним отрицательным моментом является произвольный выбор показателей, в то время как необходимо рассматривать базовые показатели в совокупности, выраженные через интегральный параметр.

Для оценки фактического состояния водного объекта по гидрохимическим характеристикам водотока предлагается показатель антропогенной нагрузки (ПАН) [5, 6]. Базовыми показателями для расчета ПАН и соответствующие им типы воздействия приведены в табл. 3.

Табл. 3. Базовые показатели и соответствующие им типы воздействия

Базовые показатели	Тип воздействия
ХПК	Снижение содержания растворенного кислорода
Солесодержание (сухой остаток)	Увеличение общей минерализации
Содержание взвешенных веществ	Снижение прозрачности
Соединения азота и фосфора	Эвтрофирование
Токсичность (биотестирование)	Токсическое воздействие на водный объект
Водородный показатель	Закисление
Железо общее, марганец общий	Экотоксикация

По суммарному значению ПАН устанавливается степень нарушения при загрязнении поверхностных вод и изменение состояния водной экосистемы при антропогенной нагрузке, способствующей загрязнению и изменениям в экосистеме.

Состояние водной экосистемы разделяют на три категории:

– низкая – речная экосистема находится в хорошем естественном состоянии, не испытывающем, или слабо испытывающем антропогенное воздействие от загрязнения воды – ПАН ≤ 10,8;

– средняя – речная экосистема испытывает умеренную антропогенную нагрузку из-за постоянного присутствия источника (причины) загрязненных вод – 10,8 < ПАН < 24,0;

– высокая – речная экосистема подвержена сильной деградации из-за высоких концентраций загрязняющих веществ – ПАН ≥ 24,0.

Рассмотрим определение состояния воды участков водотока на примере р. Туры.

Для исследования гидрохимических характеристик р. Туры и оценки влияния антропогенной деятельности на состояние ее экосистемы были выбраны следующие точки отбора:

–створ 1 – р. Тура, ст. Азиатская, фоновый створ, расстояние от устья 1030 км;

–створ 1а – р. Кушва, г. Кушва; фиксирование влияния предприятий г. Кушвы;

–створ 1б – р. Тура, нижний бьеф Верхне-Туринского водохранилища, г. В. Тура; изменение состояния р. Туры после впадения р. Кушвы, расстояние от устья 1000 км;

–створ 2 – нижний бьеф Нижне-Туринского водохранилища; фиксирование влияния предприятий гг. Кушвы, В. Туры, Н. Туры, г. Лесного, расстояние от устья 938 км;

–створ 3 – устье р. Выи; фиксирование влияния предприятий гг. Качканара и Лесного;

–створ 4 – 50 км ниже устья р. Выи; изменение состояния р. Туры после впадения р. Выи, расстояние от устья 872 км;

–створ 5 – р. Тура, 2,5 км выше устья р. Салды; фиксирование влияния предприятий г. Верхотурья, изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 806 км;

–створ 6 – устье р. Салды; фиксирование влияния предприятий г. Красноуральска;

–створ 7 – р. Тура, 20 км ниже устья р. Салды; изменение состояния р. Туры после впадения р. Салды, расстояние от устья 767 км;

–створ 8 – р. Тура, 1 км выше устья р. Тагил; фиксирование состояния р. Туры, расстояние от устья 643 км;

–створ 9 – устье р. Тагил; фиксирование влияния предприятий гг. Верхний и Нижний Тагил;

–створ 10 – р. Тура, 7 км ниже устья р. Тагил; изменение состояния р. Туры после впадения р. Тагил, расстояние от устья 626 км;

–створ 11 – р. Тура, выше г. Туринска; изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 440 км;

–створ 11а – р. Тура, 500 м ниже сброса сточных вод Туринского целлюлозно-бумажного завода, расстояние от устья 433 км;

–створ 11б – р. Тура, 10 км ниже сброса сточных вод Туринского целлюлозно-бумажного завода, д. Луговое; изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 425 км;

–створ 12 – р. Тура, выше с. Туринская Слобода; фиксирование влияния предприятий г. Туринска, изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 318 км;

–створ 13 – устье р. Ницы; фиксирование влияния предприятий гг. Ирбита, Алапаевска, Артемовского, Режа, Кировграда, Невьянска, Новоуральска;

–створ 14 – р. Тура, 4,5 км ниже устья р. Ницы; изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 285 км;

–створ 15 – р. Тура, Метелевский водозабор г. Тюмени; изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 194 км;

–створ 15а – р. Тура, 1,5 км ниже сброса сточных вод жилищно-коммунального хозяйства г. Тюмень, расстояние от устья 166 км;

–створ 16 – р. Тура, с. Борки Тюменской области; фиксирование влияния предприятий г. Тюмени, изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 121 км;

–створ 17 – устье р. Пышмы; фиксирование влияния предприятий гг. В. Пышмы, Екатеринбурга, Березовского, Заречного, Асбеста, Рефтинского, Камышлова, поселков г. Тюмени;

–створ 18 – р. Тура, с. Покровское Тюменской области; изменение состояния р. Туры, расстояние от устья 23 км.

Створы наблюдения на картосхеме представлены на рис. 1, 2.

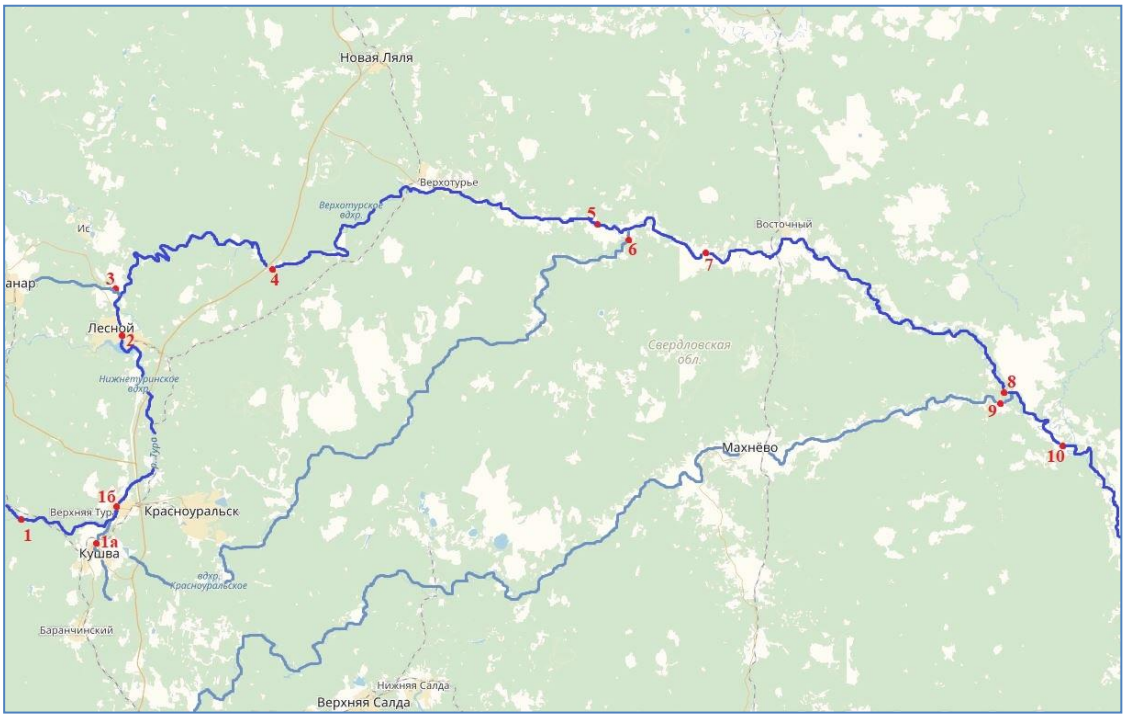


Рис. 1. Створы наблюдения на р. Туре (точки 1–10).

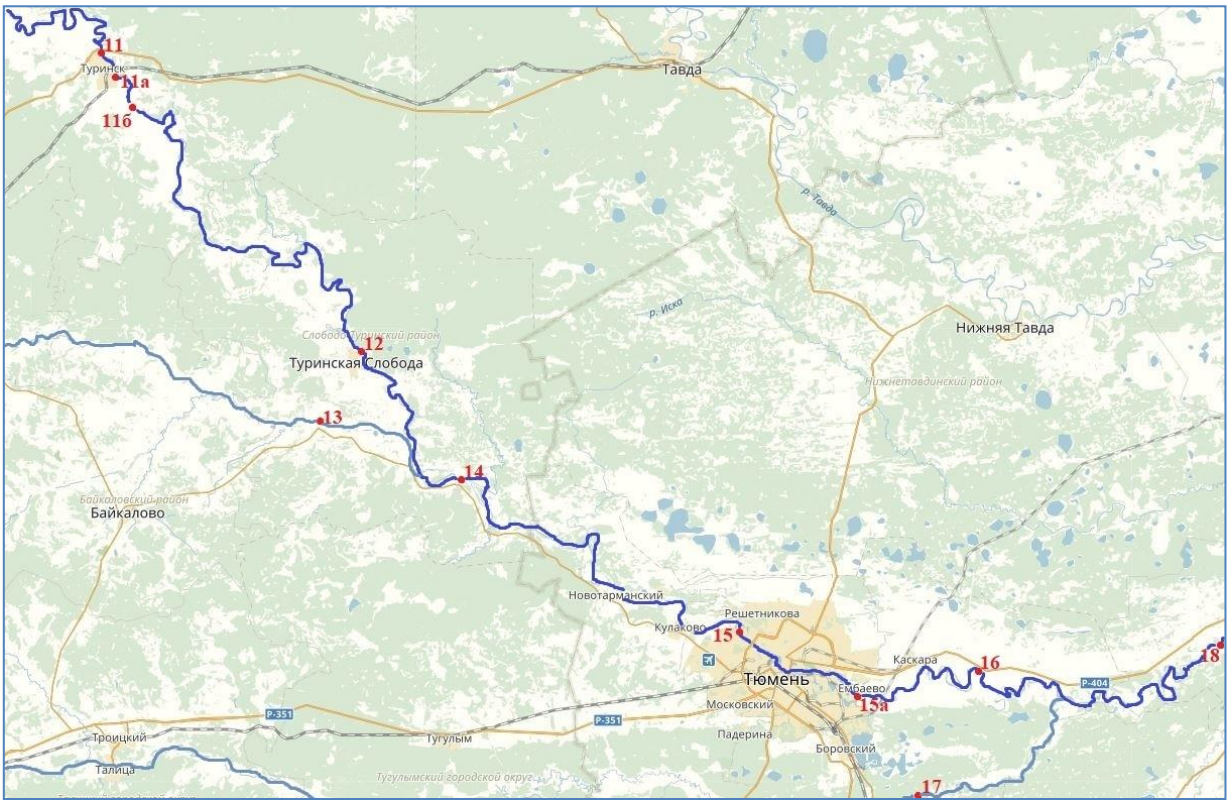


Рис. 2. Створы наблюдения на р. Туре (точки 11–18).

Пробы воды в створах отбирались один раз в сезон: весной, летом и осенью 2016 г. и все сезоны 2017 г. Створы 1б, 11а, 11б и 15а были включены в план исследований в 2017 г. по результатам данных, полученных в 2016 г.

Состояние воды водного объекта или его участка оценивается через показатель антропогенной нагрузки (ПАН), рассчитываемый в соответствии с ГОСТ Р 57075-2016 [3] для каждого створа.

В программе Excel строятся графики ПАН в наблюдаемых створах. Для каждого участка задается линия тренда с уравнением прямой, угол наклона которой далее сравнивается с углом наклона нормативного тренда.

Алгоритм установления состояния водотока:

1. На графиках по оси абсцисс откладывается расстояние каждого створа, где производился отбор проб, от устья в км. По оси ординат откладывают значения ПАН, ранее рассчитанные для всех створов (рис. 3).



Рис. 3. Изменение ПАН в створах по течению р. Туры.

2. На графике последовательно на участках реки между створами проводят линейные тренды с установлением уравнений.

3. Нормативный тренд проводят по двум точкам (рис. 4):

– координатами первой точки являются по оси *x* расстояние от устья для первого створа, по оси *y* – значение ПАН для верхней границы I класса качества (4,2 усл. $м^3/м^3$);

– координатами второй точки являются по оси *x* расстояние от устья для последнего створа, по оси *y* – значение ПАН для верхней границы III класса качества (24 усл. $м^3/м^3$).

Т.к. отсчет расстояния ведется от устья, то уравнение будет иметь отрицательное значение коэффициента наклона.



Рис. 4. Уравнения, описывающие изменения ПАН на участках реки, и зоны, соответствующие классам качества воды водных объектов: голубая зона – I класс качества, желтая – II класс качества, оранжевая – III класс качества, красная – IV класс качества.

4. Устанавливают последовательно переход класса качества от створа к створу (рис. 4).

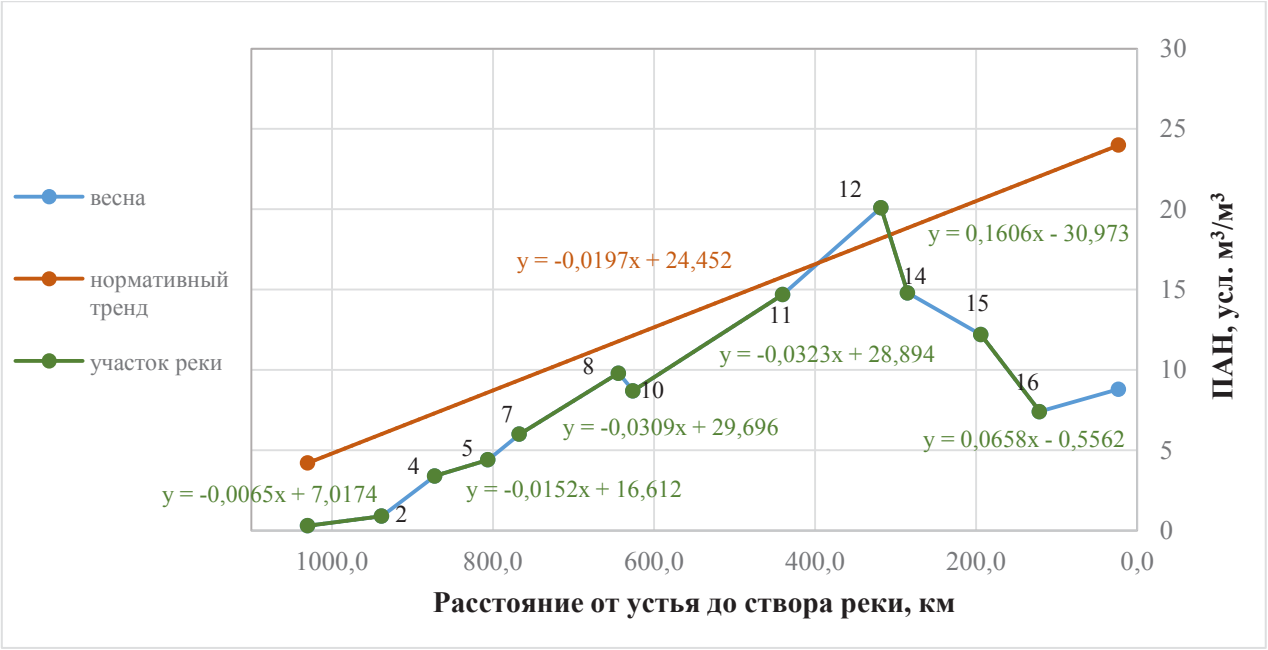
5. Проводится сравнение угла наклона прямой, отражающей изменение ПАН для конкретного водохозяйственного участка реки, и угла наклона нормативного тренда:

– при положительных значениях углового коэффициента прямой рассматриваемого участка наблюдается самоочищение водного объекта;

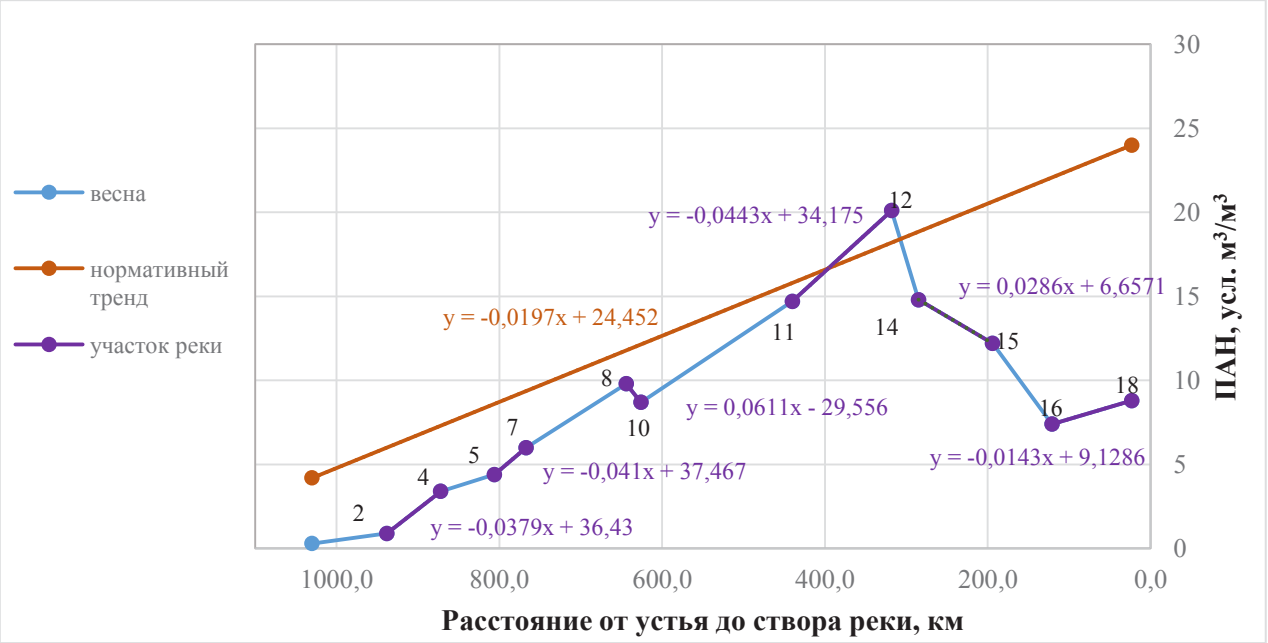
– при отрицательных значениях углового коэффициента прямой рассматриваемого участка и при превышении значения углового коэффициента нормативного тренда (в этом случае -0,0197), и значениях ПАН в створах в диапазоне от 0 до 10,8 наблюдается истощение водного объекта;

– при значениях углового коэффициента прямой рассматриваемого участка, меньшем значения углового коэффициента нормативного тренда, и значениях ПАН в створах больше 10,8 усл. $м^3/м^3$ наблюдается деградация водного объекта.

В соответствии с вышеописанным алгоритмом определялось состояние р. Туры в разные сезоны года. На рис. 5 показан пример построения кривых и нормативного тренда за весну 2016 г., в табл. 5 приведены уравнения и соответствующее состояние участков р. Туры. В таблице ячейки, в которых указаны значения ПАН для каждого створа, отмечены цветом, соответствующим классу качества воды: голубой цвет – I класс качества, желтый цвет – II класс качества, оранжевый цвет – III класс качества, красный цвет – IV класс качества.



а)



б)

Рис. 5. Изменение величины ПАН на участках р. Туры за весну 2016 г, и уравнения, описывающие эти изменения: а) участки реки: 1–2, 4–5, 7–8, 10–11, 12–14, 15–16; б) участки реки: 2–4, 5–7, 8–10, 11–12, 14–15, 16–18.

Табл. 5. Значения ПАН, уравнения прямых участков р. Туры и вывод о состоянии воды р. Туры за весну 2016 г.

Участок	ПАН, усл. м^3/м^3	Расстояние, км	Уравнение прямой	Вывод
Нормативный тренд	4,2	1030	y = -0,0197x + 24,452	
	24,0	23		
Весна 2016				
1–2	0,3	1030	y = -0,0065x + 7,0174	Истощение
	0,9	938		
2–4	0,9	938	y = -0,0379x + 36,43	Истощение

Участок	ПАН, усл. м^3/м^3	Расстояние, км	Уравнение прямой	Вывод
	3,4	872		
4–5	3,4	872	y = -0,0152x + 16,612	Истощение
	4,4	806		
5–7	4,4	806	y = -0,041x + 37,467	Истощение
	6,0	767		
7–8	6,0	767	y = -0,0309x + 29,696	Истощение
	9,8	644		
8–10	9,8	644	y = 0,0611x - 29,556	Самоочищение
	8,7	626		
10–11	8,7	626	y = -0,0323x + 28,894	Деградация
	14,7	440		
11–12	14,7	440	y = -0,0443x + 34,175	Деградация
	20,1	318		
12–14	20,1	318	y = 0,1606x - 30,973	Самоочищение
	14,8	285		
14–15	14,8	285	y = 0,0286x + 6,6571	Самоочищение
	12,2	194		
15–16	12,2	194	y = 0,0658x - 0,5562	Самоочищение
	7,4	121		
16–18	7,4	121	y = -0,0143x + 9,1286	Истощение
	8,8	23		

На рис. 6 представлены графики изменения ПАН на участках р. Туры в разные сезоны 2016 г.

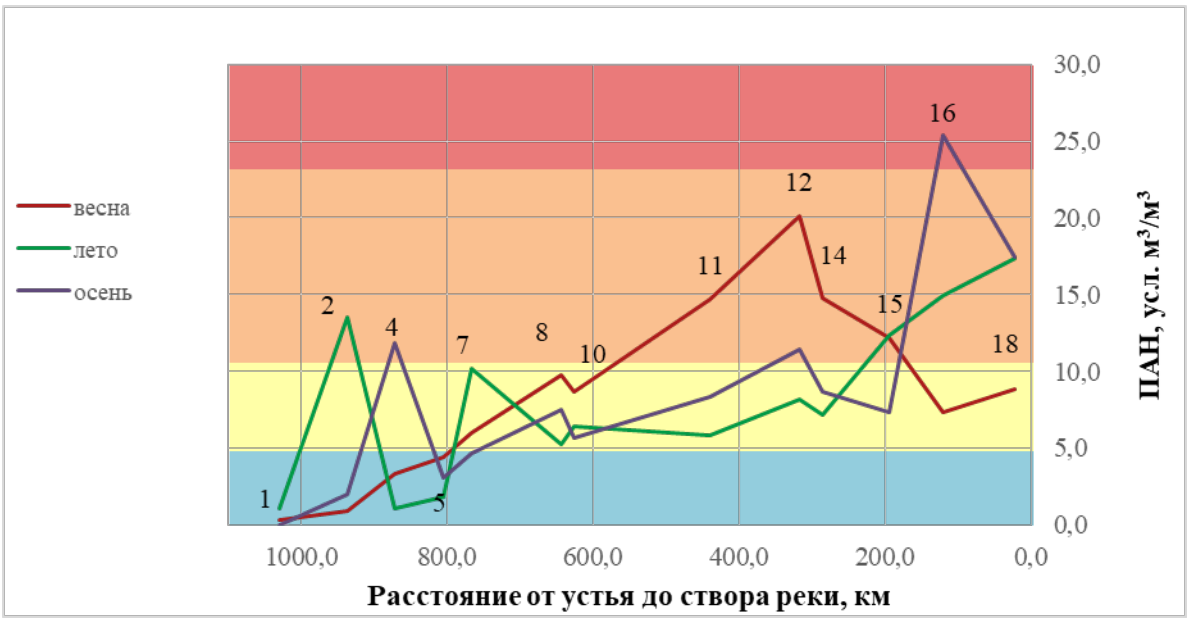


Рис. 6. Изменение величины ПАН на участках р. Туры в разные сезоны 2016 г.

Весной наблюдается увеличение влияния городов и предприятий на состояние р. Туры. Истощение, деградация, наблюдаемые после впадения рр. Салды (т. 7) и Тагила (т. 10), продолжаются на участке после г. Туринска (т.11). На участке 11–12 отмечалось затопление грязной водосборной территории. В Тюменской области на участке 15–18 река сливалась с множеством озер, что способствовало ее самоочищению.

Летом в т. 2 была зафиксирована сравнительно большая концентрация ионов марганца, что, согласно уравнению, описывающему изменение ПАН, означает деградацию реки на участке. После впадения р. Салды (участок 5–7) отмечен резкий скачок ПАН с 1,8 до 10,2 усл. м^3/м^3. Согласно величине свободного коэффициента уравнения, описывающего изменение ПАН на участке, процесс характеризуется как истощение. Далее, до впадения

р. Тагил, наблюдается самоочищение. Отмечено незначительное влияние р. Тагил, выразившееся, тем не менее, истощением состояния реки. От д. Санкино (створ 10 на р. Туре после впадения р. Тагил) до г. Туринска (т. 11) наблюдается самоочищение. После Туринска отмечено увеличение ПАН в пределах 2 класса (истощение), от створа 12 (д. Туринская Слобода) наблюдается самоочищение. Деградация с переходом в 3 класс отмечается после впадения р. Ницы. Величина ПАН продолжает увеличиваться и после г. Тюмени. Наиболее худший результат наблюдается после впадения р. Пышмы.

В осенний период после впадения р. Выи и участков, где происходила добыча драгоценных металлов, изменение ПАН характеризует процесс как «деградация» (увеличение ПАН по ртути до 11,0 усл. $м^3/м^3$). Дальше наблюдается самоочищение. Деградация отмечается в т. 12 (д. Туринская Слобода) и в т. 16 (после г. Тюмени). Класс качества воды снижается до 4 класса. Улучшение состояния р. Туры наблюдается после впадения р. Пышмы.

На рисунке 7 представлен график изменения среднегодовых значений ПАН и приведены уравнения, соответствующие истощению и деградации на участках р. Туры.



Рис. 7. График изменения среднегодовых значений ПАН.

На участках 1–2 и 5–7 наблюдаются процессы истощения: ПАН увеличивается в т. 2 за счет повышения концентрации марганца летом и осенью 2016 г., увеличение ПАН в т. 7 обусловлено увеличением концентрации трудноокисляемых органических веществ и ионов металлов (цинк, медь, марганец, железо).

На участках 11–12 и 15–16 процесс характеризуется как деградация в силу увеличения концентраций трудноокисляемых органических веществ, взвешенных веществ и ионов металлов (железа и марганца), на участке 15–16 дополнительно в увеличение ПАН вносит повышение концентраций нитрит-ионов.

Данные о состоянии воды на участках р. Туры в разные сезоны 2016 г. и по среднегодовым значениям ПАН сведены в табл. 6.

Табл. 6. Выводы о состоянии воды р. Туры за 2016 г.

Участок	Весна 2016 г.	Лето 2016 г.	Осень 2016 г.	Среднегодовое значение ПАН
1–2	Истощение	Деградация	Истощение	Истощение
2–4	Истощение	Самоочищение	Деградация	Самоочищение
4–5	Истощение	Истощение	Самоочищение	Самоочищение
5–7	Истощение	Истощение	Истощение	Истощение
7–8	Истощение	Самоочищение	Истощение	Истощение

Участок	Весна 2016 г.	Лето 2016 г.	Осень 2016 г.	Среднегодовое значение ПАН
8–10	Самоочищение	Истощение	Самоочищение	Самоочищение
10–11	Деградация	Самоочищение	Истощение	Истощение
11–12	Деградация	Истощение	Самоочищение	Деградация
12–14	Самоочищение	Самоочищение	Самоочищение	Самоочищение
14–15	Самоочищение	Деградация	Самоочищение	Истощение
15–16	Самоочищение	Деградация	Деградация	Деградация
16–18	Истощение	Деградация	Самоочищение	Самоочищение

Был рассчитан ПАН и определено состояние воды на участках р. Туры во все сезоны 2017 г., изменения ПАН в створах в сезонах 2017 г. показаны на рис. 8.

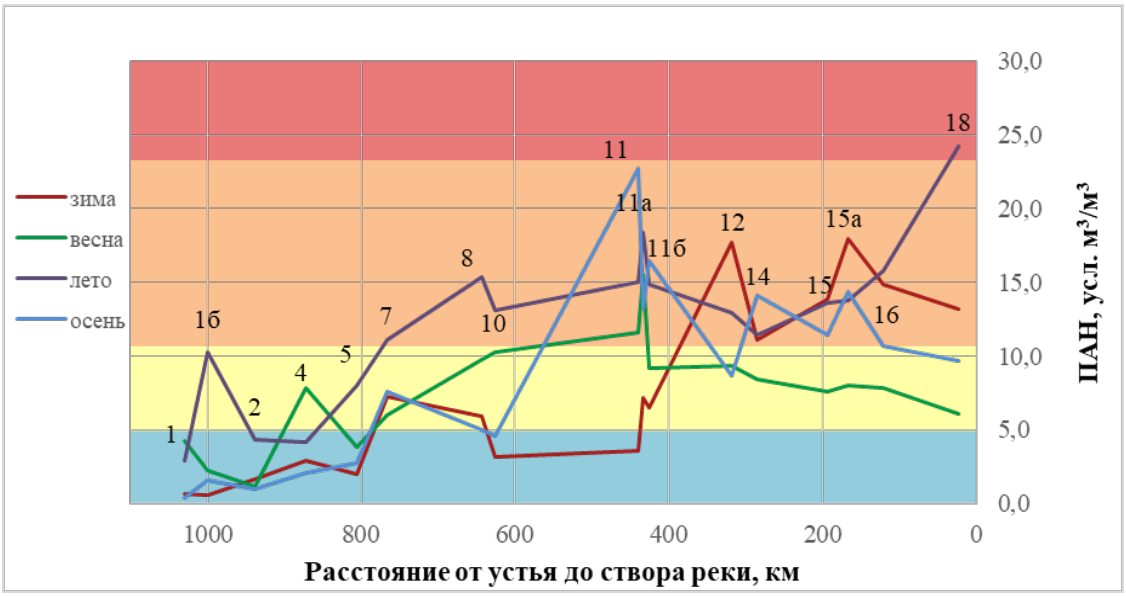


Рис. 8. Изменение величины ПАН на участках р. Туры в разные сезоны 2017 г.

Зимой деградационные процессы наблюдаются на участке 11б–12 (10 км ниже сброса сточных вод Туринского ЦБЗ – д. Туринская Слобода). После впадения р. Ницы отмечено самоочищение. Но от створа 14 и на всем протяжении течения реки в г. Тюмени внутриводоемные процессы характеризуются как состояние деградации. В створах, лежащих ниже г. Тюмени, отмечается снижение ПАН и самоочищение водотока.

Весной на участке 2–4 внутриводоемный процесс характеризуется как деградация из-за повышенного содержания ртути, связанной с добычей драгоценных металлов дражным способом. Процесс деградации отмечается после впадения р. Салды, усугубляется после впадения р. Тагил и сброса сточных вод Туринским ЦБЗ. После створа 11а (500 м ниже сброса сточных вод Туринского ЦБЗ) идет снижение ПАН (1 и 2 классы качества воды).

Летом на 9 участках из 16 наблюдается истощение и деградация состояния водного объекта, начиная от створа 7 (после впадения р. Салды), до створа 11а (500 м ниже сброса сточных вод Туринским ЦБЗ). Далее до створа 15 (п. Метелево, г. Тюмень) происходит самоочищение водотока. После п. Метелево в последующих створах происходит деградация экосистемы реки. После впадения р. Пышмы класс качества воды повышается до четвёртого.

Осенью в створах после впадения р. Тагил перемежается деградация с самоочищением, к устью р. Туры класс качества воды достигает второго.

На рис. 9 представлен график изменения среднегодовых значений ПАН и приведены уравнения, соответствующие истощению и деградации на участках р. Туры в 2017 г.



Рис. 9. График изменения среднегодовых значений ПАН за 2017 г.

На участках 1–1б, 2–4 и 5–7 наблюдаются процессы истощения. В т. 1б (после впадении р. Кушвы) значение ПАН увеличивается за счет повышения концентрации трудноокисляемых органических веществ, марганца общего и взвешенных веществ, в т. 4 – за счет взвешенных веществ и ионов ртути. Увеличение величины ПАН в т. 7 обусловлено увеличением концентрации трудноокисляемых органических веществ и ионов металлов (цинк, марганец, железо).

На участках 10–11–11а и 15–16 процесс характеризуется как деградация в силу увеличения концентраций трудноокисляемых органических веществ, взвешенных веществ и ионов металлов (железа и марганца). На участке 15–16 дополнительно в увеличение величины ПАН вносит повышение концентраций нитрит-ионов.

Данные о состоянии воды на участках р. Туры в разные сезоны 2017 г. и по среднегодовым значениям ПАН сведены в табл. 7.

Табл. 7. Выводы о состоянии воды р. Туры за 2017 г.

Участок	Зима 2017 г.	Весна 2017 г.	Лето 2017 г.	Осень 2017 г.	Среднегодовое значение ПАН
1–1б	Самоочищение	Самоочищение	Истощение	Истощение	Истощение
1б–2	Истощение	Самоочищение	Самоочищение	Самоочищение	Самоочищение
2–4	Истощение	Истощение	Самоочищение	Истощение	Истощение
4–5	Самоочищение	Самоочищение	Истощение	Истощение	Самоочищение
5–7	Истощение	Истощение	Деградация	Истощение	Истощение
7–8 (10)*	Самоочищение	Истощение	Деградация	Самоочищение	Истощение
8–10	Самоочищение		Самоочищение		Самоочищение
10–11	Истощение	Истощение	Деградация	Деградация	Деградация
11–11а	Истощение	Деградация	Деградация	Самоочищение	Деградация
11а–11б	Самоочищение	Самоочищение	Самоочищение	Деградация	Самоочищение
11б–12	Деградация	Истощение	Самоочищение	Самоочищение	Истощение
12–14	Самоочищение	Самоочищение	Самоочищение	Деградация	Самоочищение
14–15	Деградация	Самоочищение	Деградация	Самоочищение	Истощение
15–15а	Деградация	Истощение	Деградация	Деградация	Деградация
15а–16	Самоочищение	Самоочищение	Деградация	Самоочищение	Самоочищение
16–18	Самоочищение	Самоочищение	Деградация	Самоочищение	Истощение
Примечание: для весны и осени вместо створа 8 был взят створ 10.					

Гидробиологические исследования за 2016–2017 гг. показывают постоянное умеренное антропогенное воздействие после впадения р. Салды (створ 7). Результаты биотестирования не показали острой и хронической токсичности в воде р. Туры на всей ее протяженности.

В заключении необходимо отметить:

1) под деградацией понимается состояние водного объекта, сопровождаемое ухудшением качества воды, снижением комплектности водной экосистемы, нарушением экологического благополучия;

2) для определения состояния водохозяйственных участков реки требуется исследовать определенный набор базовых физико-химических показателей, отображающих типы негативного воздействия;

3) важны величины показателей, относительно которых проводится расчет. Расчет относительно предельно-допустимых концентраций приводит к недоучету влияния биогенных элементов и переоценке вклада ионов металлов при оценке негативного воздействия на водный объект.

При констатации состояния деградации водохозяйственных участков должны выполняться несколько условий:

– переход класса качества воды из первого или второго в третий и последующие классы;

– значение угла наклона кривой исследуемого участка меньше величины угла наклона нормативного тренда.

Представленный подход дает возможность выделить водохозяйственные участки водотока с различным состоянием, отчётливо определить участки реки с состоянием деградации, на которых требуется проводить реабилитационные мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Минсельхоза № 552 от 13.12.2016 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
2. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
3. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Единые критерии качества вод. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ. М., 1982. 69 с.
4. Сечкова Н.А. Методика оперативной оценки качества воды и состояния водных объектов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2013. № 12. С. 62–71.
5. ГОСТ Р 57075-2016. Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.

УДК 556.5:504.4

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ И ВЫЗОВЫ

Турсунова А.А.
ТОО «Институт географии», г. Алматы, Казахстан

Ключевые слова: водные ресурсы, удельная водообеспеченность, климатические условия, водопотребление, трансграничные водные системы.

В статье рассматриваются основные угрозы и вызовы в области водообеспечения и возможные пути снижения нагрузки на водные ресурсы и устранения дефицита пресной воды в Центральной Азии. Следствиями реализации водных опасностей могут стать обострение межгосударственных водных противоречий, развитие новых очагов экологической нестабильности, срыв программ социально-экономического развития.

WATER RESOURCES OF CENTRAL ASIA: THE MAIN HAZARDS AND CHALLENGES

A.A. Tursunova
Institute of Geography, Almaty, Kazakhstan

Key words: water resources, specific water supply, climatic conditions, water consumption, transboundary water systems

Relevance of a problem of water resources is recognized long ago and is actively investigated, especially in the light of a problem of global climate change. The article discusses the main threats and challenges of water supply and possible ways of decreasing the load on water resources and elimination of deficiency of fresh water in Central Asia. The aggravation of interstate water contradictions, emergence of new centers of ecological instability, failure of programs of social and economic development can become corollaries of realization of water dangers.

ВВЕДЕНИЕ

Гидрологические угрозы: причины и следствия. Основными угрозами и вызовами в области водообеспечения являются глобальные и региональные изменения климата, несогласованность межгосударственных водных отношений, использование водозатратных технологий и несовершенство технических средств водорегулирования и водораспределения [1]. Следствиями реализации водных опасностей могут стать обострение межгосударственных водных противоречий, развитие новых очагов экологической нестабильности, срыв программ социально-экономического развития.

Угрозами и вызовами в области водообеспечения являются глобальные и региональные изменения климата, несогласованность межгосударственных водных отношений, использование водозатратных технологий и несовершенство технических средств водорегулирования и водораспределения [1]. Дефицит водных ресурсов может вызвать обострение межгосударственных водных противоречий, развитие новых очагов экологической нестабильности, срыв программ социально-экономического развития.

Согласно Четвертому докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата, в результате потепления климата ожидается изменение атмосферной циркуляции и уменьшение количества осадков. По некоторым сценариям к 2100 г. снижение осадков может достигнуть почти 20 %. Помимо этого, исследования показали, что в зоне формирования стоков Сырдарьи и Амударьи продолжается интенсивное таяние ледников. За 50 лет объемы ледников уменьшились по разным данным от 20 до 40 %, а в последние годы темпы сокращения составляют около 1 % в год. Исчезнут ледники – исчезнут и несущие жизнь реки.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Вода является ключевым фактором благополучия стран Центральной Азии. Ограниченность водных ресурсов – острая проблема и вопрос обеспечения безопасности данного фактора важен для Центральноазиатского региона; негативные изменения в доступности водных ресурсов могут привести к социальным, политическим конфликтам. Население Центральной Азии стремительно растет, а количество воды для населения и для орошения новых земель, которые важны для производства продовольствия, остаются почти неизменными. Условия жизни людей, будущее развитие региона во многом определяется наличием чистой питьевой воды. Изменение баланса водных ресурсов из-за глобального потепления вызовет уменьшение водных ресурсов региона, который сам по себе не относится к влагоизбыточным регионам. Данная тенденция наиболее опасна для геополитической ситуации в Центральной Азии, так как ухудшение качества и сокращения количества водных ресурсов представляет угрозу экономического потенциала региона; вода используется во всех отраслях хозяйственной деятельности человека.

Центральная Азия – регион, расположенный в центре материка Евразия, «глубинное» расположение региона оказывает существенное влияние на существующие природно-климатические условия в Центральной Азии. Занимая площадь более 4 млн км^2, но при этом пустыни, полупустыни и сухие степи занимают более 70 % всей территории, что говорит о недостаточном увлажнении территории региона. Климатические условия региона относятся к континентальным чертам климата, что говорит о недостаточном увлажнении территории кроме горных районов, где восходящие потоки воздушных масс охлаждаются. Основные источники водных ресурсов региона Центральной Азии зависят от горных систем находящихся частично или полностью на территории стран Центральной Азии и сопредельных регионов. Водные ресурсы представлены поверхностными водами (реки, озера), подземными водами и ледниками. Горные системы Тянь-Шаня, Алтая, Памира, точнее ледники, играют основную роль в обеспечении и поддержании баланса водных ресурсов в Центральной Азии (рис. 1).

Основные источники водных ресурсов Центральной Азии зависят от горных систем и сопредельных регионов. Ледники Тянь-Шаня, Алтая, Памира играют основную роль в обеспечении и поддержании баланса водных ресурсов в Центральной Азии. Они занимают площадь, равную 17 950 км^2. Это в 8,5 раза превышает оледенение Большого Кавказа и в 28 раз оледенение Алтая [2]. По территориям стран региона они распределены неравномерно.



Рис. 1. Расположение Центральной Азии.

В пределах Кыргызстана насчитывается 8200 ледников, занимающих 4,2 % территории страны. Водный запас ледников Кыргызстана оценивается в 650 км^3. Количество ледников в Таджикистане составляет 8492, примерно 6 % территории республики. Остальная часть ледников сосредоточена в Казахстане [3].

В Центральной Азии расположено более 4000 водоемов – озер и водохранилищ. Самыми крупными из них являются высыхающее озеро-море Арал, одно из глубочайших озер мира – Иссык-Куль, озеро Балкаш с пресноводной западной и соленой восточной частями. Наряду с ними существует более 3000 очень мелких высокогорных приледниковых озер, десятки водохранилищ сезонного регулирования, тысячи бассейнов и прудов декадного и суточного регулирования.

За последние 100 лет (1900–2002 гг.) температура в странах Центрально-Азиатского региона увеличилась, а количество осадков уменьшилось [4]. В целом наблюдавшиеся глобальные колебания климата, характеризующиеся в главном двумя периодами потепления (до 1940-х годов и с 1976 г.), имеют аналогичный отклик в региональном климате стран Центральной Азии. При этом климатические условия, особенно в горных районах, колебались в более широких пределах по температуре, когда ее рост в пересчете на 100 лет по отдельным районам достигал 2,5 °С, что гораздо больше, чем для Земли в целом. Количество осадков в среднем по территории могло почти не измениться, но в отдельных районах наблюдался как их рост от 1–2 до 20–30 %, так и еще большее уменьшение до 40–45 %. Все это говорит о неоднородности местных откликов на глобальные и даже региональные изменения климата, что обязательно необходимо учитывать при оценке местных изменений климата.

По Казахстану общая среднегодовая температура выросла на 1,4 °С, а годовая сумма осадков уменьшилась на 17 мм. Примерно аналогичные климатические изменения наблюдаются в других Центральноазиатских государствах, хотя за тот же период в Кыргызстане температура увеличилась на 1,6 °С, количество осадков – на 23 мм. Потепление в Туркменистане происходит более быстрыми темпами. Среднегодовая температура воздуха на территории страны увеличивается на 0,18–0,2°С за десятилетие. Темпы изменения температуры станут более интенсивными после 2040 года. Расчеты показывают, что температура вырастет от 2 до 7 °С к 2100 г., при этом до 2020 г. ожидается незначительное увеличение количества осадков, а затем резкое их снижение. Темпы снижения будут более заметными после 2040 г., а к 2100 г. количество осадков снизится от 8–17 % [5]. Данная тенденция свидетельствует о тревожных изменениях, если существующий тренд сохранится, это будет означать ухудшение климатических условий Центрально-Азиатского региона в сторону еще большего иссушения климата.

Все сказанное о происходящих климатических изменениях касается и Казахстана, расчеты свидетельствуют, что к 2050 г. объем речного стока в бассейне реки Сырдарии сократится на 6–10 %, а Амударьи сократится на 10–15 % [4].

Помимо объема для оценки состояния водных ресурсов в странах и регионах мира обычно используются еще два критерия: удельная водообеспеченность, рассчитываемая как обеспеченность водными ресурсами в расчете на душу населения, и степень использования водных ресурсов, найденная как отношение полного водопотребления к возобновляемым водным ресурсам. В соответствии с расчетами по материалам [5, 6], а также по сообщениям коллег стран ЦА о количестве водных ресурсов [7–9], в настоящее время наиболее низка обеспеченность возобновляемыми водными ресурсами в расчете на душу населения в Туркменистане и Узбекистане – соответственно 4681 и 1646 м^3/чел. в год, в остальных странах ЦА она в 2–3 раза выше. При этом в среднем по Азиатскому континенту обеспеченность водными ресурсами в расчете на душу населения составляет 5600 м^3/чел, в среднем по миру – 5996 м^3/чел (рис. 3).



Рис. 2. Осредненные атмосферные осадки по Центральной Азии.

Страна	Объем возобновляемых водных ресурсов, км^3/год	Удельная водообеспеченность, м^3/чел/год	
		1960 г.	2015
Казахстан	91,3	9327	5218
Кыргызстан	52	24303	8826
Туркменистан	25	15957	4681
Таджикистан	64	31530	7629
Узбекистан	48,87	5635	1646





Рис. 3. Располагаемые водные ресурсы по странам ЦА (а),
удельная водообеспеченность стран ЦА за 2015 год, м^3/чел/год (б) [5–9].

В Казахстане обеспеченность возобновляемыми водными ресурсами немного выше среднемировой величины, в остальных государствах она существенно ниже. Вследствие быстрого роста населения в ЦА удельная водообеспеченность стремительно снижается. Всего за полстолетия в Кыргызстане она снизилась в 2,6 раза, Туркменистане – 3,3 раза, Узбекистане – в 3,5 раза, Таджикистане – в 4 раза.

Более 50 % всего стока водных ресурсов Казахстана формируется за пределами страны. Крупнейшие реки Казахстана Ертис, Сырдария и Иле берут начало на территории других государств.

Институт географии Казахстана инициировал разработку специализированной научно-технической программы «Оценка ресурсов и прогноз использования природных вод Казахстана в условиях антропогенно- и климатически- обусловленных изменений» (2010–2013 гг.)., результаты которой были опубликованы в 30-ти томной монографии «Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление», всесторонне отражающей все аспекты водных проблем Казахстана [1, 12, 13]. Проведенные фундаментальные исследования не имеют современных аналогов в СНГ. Далее была разработана программа «Водная безопасность Республики Казахстан: геопространственная информационная система «Водные ресурсы Казахстана и их использование» (2014–2016 гг.), в которой также успешно выполнены оценка водных ресурсов, создана база данных по водопользованию, водопотреблению, водным ресурсам, рассмотрены вопросы использование и водной безопасности , имеющие большое практическое значение для управления водным сектором экономики страны.

Одной из современных угроз являются изменения глобального климата. Разработан долгосрочный прогноз изменения климата в Казахстане: повышение температуры приземного воздуха во все месяцы года на 0,8–1,2 °С, а также изменения среднемноголетнего годового количества осадков на 1–3 % к 2035 г. Установлено, что глобальное и региональное потепление климата приведет к повышению испарения влаги на речных водосборах с уменьшением притока вод в реки, сокращению озерного фонда РК, падению уровней Аральского и Каспийского морей, росту хозяйственного спроса на водные ресурсы, в т.ч. увеличению норм орошения сельхозкультур.

Также отмечается, что «в связи с прогнозируемым снижением располагаемых ресурсов речного стока в Казахстане могут произойти заметные изменения величин и структуры водопотребления, возможно усиление конфликтов и противоречий между отдельными водопотребителями, в том числе обострение межгосударственных водных отношений в трансграничных бассейнах [1, 12, 13].

Суммарные ресурсы речного стока Казахстана (бытовой сток) за период наблюдений 1974–2007 гг. равны 91,3 км^3/год (50 % обеспеченности), из которых 44,3 км^3/год поступает из сопредельных государств, 47,0 км^3/год составляет местный сток [12–14]. Более поздняя оценка водных ресурсов РК показала, что на территории нашей страны суммарные ресурсы поверхностных вод формирующих в Казахстане и поступающих с территорий сопредельных государств, составляют в среднем 122 км^3, ресурсы формирующиеся в пределах Казахстана – 58,0 км^3, приток со стороны сопредельных государств: Узбекистан, Кыргызстан, Россия, КНР определяется, как 67,2 км^3 [14]. В итоге, если в 50-е годы прошлого тысячелетия ресурсы поверхностного стока казахстанских рек оценивались в 150 км^3/год [15, 16], то в 70–80-е – в 115–125 км^3/год [17,18], т.е. они еще уменьшились.

С учетом реализации возможных климатических и трансграничных гидрологических угроз в перспективе ученые прогнозируют реальное уменьшение ресурсов речного стока в целом по Казахстану к 2030 году до 72,4 км^3 в год, в том числе трансграничного – до 22,2; местного – до 50,2 км^3 в год; [12–14, 18] – с неизбежным дефицитом даже в средние по водности годы. В маловодные годы дефицит может быть много острее, и немаловажную роль в этом плане имеет тот факт, что равнинный Казахстан характеризуется рекордной для континента изменчивостью годового стока [19] и крайне неравномерным внутригодовым его распределением.

Водные ресурсы Центральной Азии распределены неравномерно; Казахстан, Туркменистан и Узбекистан относятся к странам с недостаточными водными ресурсами, Кыргызстан и Таджикистан к странам с достаточными водными ресурсами. Важной особенностью является то, что две ее страны, Таджикистан и Кыргызстан, расположены в зоне формирования водного стока, а остальные республики находятся в зоне его рассеивания.

Из стока реки Сырдария Узбекистан получает 50,5 %, Казахстан – 42 %, Таджикистан – 7 % и Кыргызстан – 0,5 %. Сток реки Амударья распределяется следующим образом: Узбекистану – 42,2 %, Туркмении – 42,3 %, Таджикистану – 15,2 %, Кыргызстану – 0,3 % [20]. Проблемой является то, что долговременных межгосударственных соглашений между государствами Центральной Азии по использованию трансграничных водных ресурсов до сих пор не существует.

Сельское хозяйство является крупнейшим потребителем воды, большая часть сельскохозяйственных земель в регионе требует орошения, особенно такие культуры, как хлопок и рис. Потребляя свыше половины всех используемых водных ресурсов региона, сельское хозяйство остается самым «неэкономным» потребителем – потери поливной воды на фильтрацию и испарение просто огромны. Каналы ирригационных систем незабетонированы и большей частью разрушены; потери воды в них достигают 50–70 % от поступающего объема воды. Между тем быстрорастущее население региона, которое увеличивается на 2–3 % в год, предъявляет все новые требования к уровню обеспечения продовольствием, питьевой водой.

Доля гидроэлектроэнергии в общей доле энергетики региона достигает 27,3 %. При этом в Таджикистане и Кыргызстане составляет 75–90 %, но в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане не более 10–15 % от общего объема выработки электроэнергии. Роль гидроэнергетики в экономике трех государств не так важна, как роль сельского хозяйства, но для Кыргызстана и Таджикистана гидроэнергетика представляет важнейший ресурс экономического и социального развития страны. Общие потенциальные гидроресурсы двух республик оцениваются в 527 млрд кВт·ч, а в удельном отношении – 2100 тыс. кВт·ч на 1 км^2 территории.

Страны, расположенные в регионе, взаимосвязаны в одну систему водных ресурсов трансграничными водными системами. Изменение в водопользовании в одной из стран неизбежно сказывается на интересах остальных стран. Таджикистан и Кыргызстан, где формируется основной сток бассейна Аральского моря (более 80 %), заинтересованы в использовании имеющихся водных ресурсов для выработки гидроэлектроэнергии, а страны низовий – Казахстан, Туркменистан и Узбекистан – намерены продолжать использовать эти же ресурсы в целях ирригации. При этом страны верховий заинтересованы в максимальном сбросе воды в энергодефицитное зимнее время, а страны низовий нуждаются в максимальном поступлении воды в летний период для орошения земель.

Водные ресурсы играют огромную роль и в развитии промышленности, которая потребляет до 29 % всех водных ресурсов. Ограниченные водные ресурсы региона, в особенности из-за того, что бассейны рек Центральной Азии расположены на территории нескольких государств, являются источником конкуренции, потенциальной вероятности конфликтов в Центральной Азии по поводу количественного распределения стока между странами, а также из-за качества воды, получаемой странами, расположенных в нижних течениях речных бассейнов.

Ограниченные водные ресурсы региона, в особенности из-за того, что бассейны рек Центральной Азии расположены на территории нескольких государств являются источником конкуренции в условиях социального и экономического развития стран. Существующие национальные интересы отдельных государств региона сильно различаются ввиду разных экономических, политических и социальных интересов; хотя существует потенциальная вероятность конфликтов в Центральной Азии по поводу количественного распределения воды между странами, а также относительно качества воды, получаемой странами,

расположенными в верхнем и нижнем течениях речных бассейнов, такой вероятности исключать нельзя. Основные противоречия лежат в принципе использования водных ресурсов Центральной Азии, что главнее: орошение или гидроэнергетика для разных стран региона один из двух принципов важнее, хотя в данное время данный фактор должен сойти на нет. Дефицит водных ресурсов и экологические последствия негативного влияния на их состояние от хозяйственной деятельности являются важной угрозой безопасности стран Центральной Азии. Главная угроза безопасности региона в свете использования водных ресурсов лежит в возникновении угрозы социальных потрясений в государствах со всеми вытекающими оттуда последствиями.

ВЫВОДЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Основные противоречия лежат в принципе использования водных ресурсов Центральной Азии, что главнее: орошение или гидроэнергетика. Для одних стран важнее выработка электроэнергии, для других – орошаемое земледелие. Необходимы поиски мер, которые позволили бы совместить каким-то образом два взаимоисключающих подхода к использованию водных ресурсов в экономике разных стран.

Казахстанскими учеными определены два пути снижения нагрузки на водные ресурсы и устранения дефицита пресной воды. Первый путь предусматривает реализацию мероприятий по уменьшению водопотребления и использование более современных технологий для сокращения потребления пресной воды в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве.

Второй путь предполагает увеличение водных ресурсов за счет многолетнего и сезонного регулирования речного стока, использования запасов подземных пресных вод, опреснения соленых и солоноватых вод, территориального перераспределения водных ресурсов [1].

При совместном использовании водных ресурсов сложность управления речными бассейнами приводит к возникновению конфликтов различных уровней иерархии – внутригосударственных, межгосударственных и межрегиональных. При этом следует иметь в виду, что совершенствование технологий потребления и нарастание дефицита водных ресурсов значительно увеличивает вероятность возникновения внутригосударственных и межгосударственных конфликтов. Существовавший советский механизм распределения водных ресурсов стран Центральной Азии морально устарел и не отвечает современным интересам государств региона. Развитию плодотворного сотрудничества по взаимодействию по рекам Центральной Азии препятствуют различия в традициях водопользования, управленческих структурах и национальных интересов стран по принципу водопользования.

Использование водных ресурсов Центральной Азии сегодня представляет собой комплекс взаимосвязанных проблем: социальных, политических, экономических. Отсутствие эффективного менеджмента в сфере водных ресурсов играет роль сдерживающего механизма в их использовании и защите от загрязнения. Национальные законодательства стран региона по водным ресурсам слишком «однобоки», учитывают только интересы национальных государств. Неготовность политических элит прийти к компромиссу является главным препятствием, которое мешает эффективному сотрудничеству в сфере водных ресурсов. Хотя данный вопрос активно исследуется многими экспертами и организациями и принимаются многочисленные рекомендации, как и что лучше сделать, но реальных изменений к лучшему в сфере водных отношений в общерегиональном масштабе пока нет. Есть отдельные примеры успешного сотрудничества стран (например, Казахстан – Кыргызстан), эффективного менеджмента в данной сфере (меры по спасению Малого Арала). Но этого мало. Этот вопрос непосредственно затрагивает все страны Центральной Азии, взаимодействие по нему исключительно важно для социально-экономического развития всех государств Центральной Азии. Только совместные действия всех стран региона с учетом интересов всех участников представляют собой путь для решения проблемы водных ресурсов [21].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С.* Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция). Т. 1. Алматы, 2012. 94 с.
2. *Котляков. В.М.* Избранные сочинения. М.: Наука, 2001. Кн. 3.
3. Диагностический доклад для подготовки региональной стратегии рационального и эффективного использования водных ресурсов. Проектная рабочая группа по энергетическим и водным ресурсам. ООН, ЕЭК, февраль 2002. 83 с.
4. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Уч. курс. М.; Бишкек, 2006.
5. Национальная стратегия Туркменистана по изменению климата. Ашхабад, 2012.
6. *Демин А.П. Рациональное использование водных ресурсов Центральной Азии в целях обеспечения продовольственной безопасности* // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Мат-лы межд. научно-практ. конф. «Вода для жизни». Кн. 2. Алматы, ТОО «Институт географии», 2016. С. 70–79.
7. *Аламанов С.К.* Водные ресурсы Кыргызской Республики и их использование // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Мат-лы межд. научно-практ. конф. «Вода для жизни». Кн. 1. Алматы, ТОО «Институт географии», 2016. С. 19–27.
8. *Мухаббатов Х.М.* Отдел географии при президиуме АН РТ, Душанбе, Таджикистан. Проблемы формирования и использования водных ресурсов Таджикистана // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Мат-лы межд. научно-практ. конф. «Вода для жизни». Кн. 1. Алматы, ТОО «Институт географии», 2016. С. 27–32.
9. *Вейсов С.К., Хамраев Г.О.* Рациональное использование водных ресурсов Туркменистана в условиях изменения климата // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Мат-лы межд.научно-практ.конф. «Вода для жизни». Кн. 1. Алматы, ТОО «Институт географии», 2016. С. 32–41.
10. Countryinformation [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions /index.stm].
11. *Достай Ж.Д., Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Алимкулов С.А*. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз // Вопросы географии и геоэкологии. Алматы, 2012. № 4. С. 18–24.
12. *Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А.* Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (монография). Алматы, 2012. Т. 2. 360 с.
13. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Т. VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Кн. 1. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана (монография) / под науч. ред. Р. И. Гальперина. Алматы, 2012.
14. *Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Давлетгалиев С.К., Сапарова А.А*. Ресурсы речного стока Казахстана Гидрометеорология и экология. Алматы, 2018. № 3. С. 80–95.
15. *Пальгов Н.Н.* Реки Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1959. 100 с.
16. *Лаврентьев П.Ф., Лаврентьева Л.Д.* Водные ресурсы Казахстана // Физическая география частей света. М.: Учпедиздат, 1961. 588 с. Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства: в сб. науч. ст. Алма-Ата: Наука, 1976. Вып. 13.
17. *Тепляков И.Н., Лаврентьев П.Ф., Абдильдин С.А.* Водные ресурсы Казахстана и их использование (аналитический обзор). Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1978.
18. *Кеншимов А.К., Ибатуллин С.Р., Заурбек А.К.* Проблемы использования водных ресурсов в Республике Казахстан // Водное хозяйство Казахстана. 2005. № 4. С. 229–233.
19. *Шикломанов А.И.* Мировые водные ресурсы // Природа и ресурсы. 1991. Т. 27. № 1–2. С. 81–91.
20. Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии: доклад, Евразийский банк развития. Алматы, 2009.
21. *Сулеймен М.Б.* Вода. Международная безопасность // Вестник КазНУ. Алматы, 2011.

УДК 504.064

РЕАЛИЗАЦИЯ ВОДНОЙ ПОЛИТИКИ ЕВРОСОЮЗА И ВКЛАД ЕВРОПЕЙСКОГО ЦЕНТРА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕК В ПРОВЕРКУ ХОДА ВЫПОЛНЕНИЯ РАМОЧНОЙ ВОДНОЙ ДИРЕКТИВЫ ЕС

Фоккенс Б.
Европейский центр восстановления рек, г. Вагенинген, Нидерланды
wetlandman@planet.nl

Ключевые слова: водная политика, Евросоюз, Рамочная водная директива, Стандарты качества окружающей среды.

Цель водной политики ЕС заключается в обеспечении доступности достаточного количества воды хорошего качества как для нужд человека, так и для окружающей среды. Рамочная водная директива (WFD), вступившая в силу в 2000 г., установила рамки оценки, управления, охраны и повышения качества водных ресурсов по всему Европейскому сообществу. С декабря 2015 г. государства-члены ЕС публикуют вторые планы управления бассейном реки (RBMPs), разработанные для осуществления задач, поставленных в WFD. Эти планы являются дальнейшим развитием первых RBMPs, опубликованных в 2009 г. К весне 2018 г. 25 государств-членов отчитались о выполнении планов.

В 2018 г. Европейская комиссия опубликовала отчет об оценке вторых RBMPs и начала процесс оценки WFD. Для сопровождения этого процесса и в целях информирования о нем EEA выпустила доклад о состоянии европейских вод [1]. Кроме того, Система информации о воде для Европы (WISE) выдала инструмент визуализации «Пресная вода» с более детальным описанием результатов.

Воды Европы испытывают различные виды нагрузок, включая загрязнение воды, забор воды, засухи и наводнения. Большие физические модификации земли (например, осушение, эрозия почв и изменения поймы) и водных объектов (создание каналов и барьеров) влияют на морфологию и течение воды. WFD требует идентификации существенных давлений от точечных источников загрязнения, диффузных источников загрязнения, модификаций режимов стока через извлечение воды или регулирование и морфологические изменения, также как и любых других давлений. «Существенные» означает, что давление, участвующее в создании воздействия, может привести к невозможности выполнить требования целевых показателей по окружающей среде (достижению, по крайне мере, хорошего статуса). В некоторых случаях давление от нескольких генераторов, например, забор воды на сельское хозяйство и на хозбытовые нужды, может в сочетании быть существенным. Идентификация существенных давлений и их итоговых воздействий (которые, в свою очередь, ведут к снижению статуса) может осуществляться с помощью различных подходов: полевых наблюдений, инвентаризаций, числовых инструментов (например, моделирования) или экспертных оценок, или сочетания разных инструментов.

Государства-члены ЕС должны были поставить перед собой цель достичь хорошего статуса на всех объектах поверхностных и подземных вод к 2015 году, если только не было веских оснований для освобождения от этого обязательства. Только при таких обстоятельствах достижение хорошего статуса могло быть отложено до 2021 или, самое позднее, до 2027 г. Достижение хорошего статуса предполагает соблюдение определенных стандартов в отношении экологии, химии и качества вод. В целом, «хороший статус» означает, что вода демонстрирует лишь легкий отход от того, что мы можем обычно ожидать в ненарушенных условиях. Также существует общее положение «отсутствие ухудшения», которое предотвращает понижение статуса. Обзор оценки статуса поверхностных и подземных вод на основе Рамочной водной директивы проиллюстрирован на рис. 1.

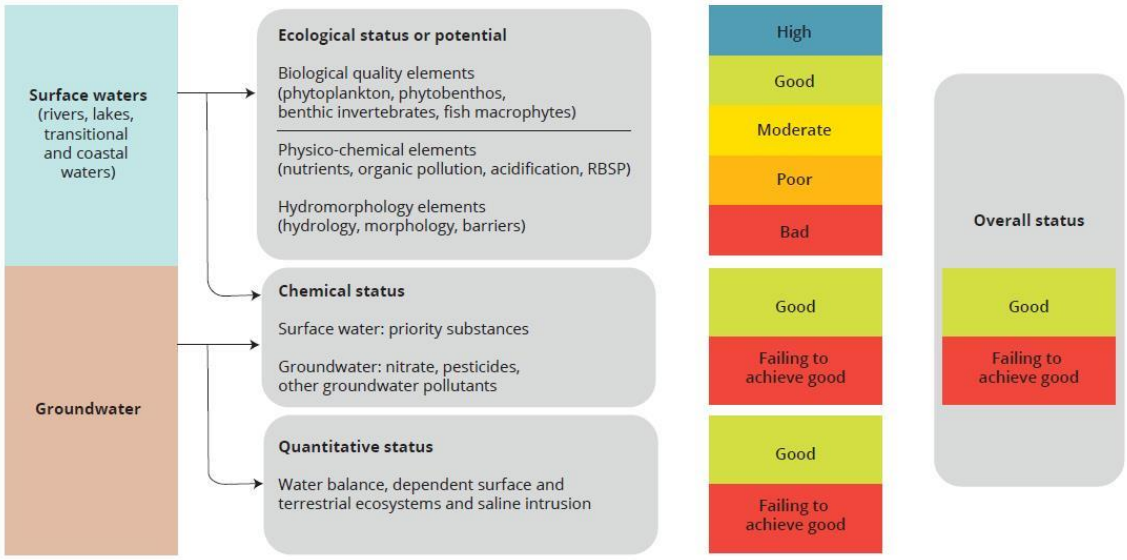


Рис. 1. Оценка статуса поверхностных и подземных вод в соответствии с Рамочной водной директивой.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС И ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ИМ ДАВЛЕНИЯ

Экологический статус – это оценка качества структуры и функционирования поверхностных водных экосистем (например, загрязнение, деградация мест обитания и изменение климата) по идентифицированным элементам качества. Экологический статус определяется для каждого поверхностного водного объекта – рек, озер, транзитных вод – на основе элементов биологического качества при поддержке физико-химических и гидро-морфологических элементов качества (рис. 2). Классификация общего экологического статуса для водного объекта определяется по принципу «выбывает один, выбывают все», т.е. по элементу с наихудшим статусом из всех биологических и поддерживающих элементов качества.

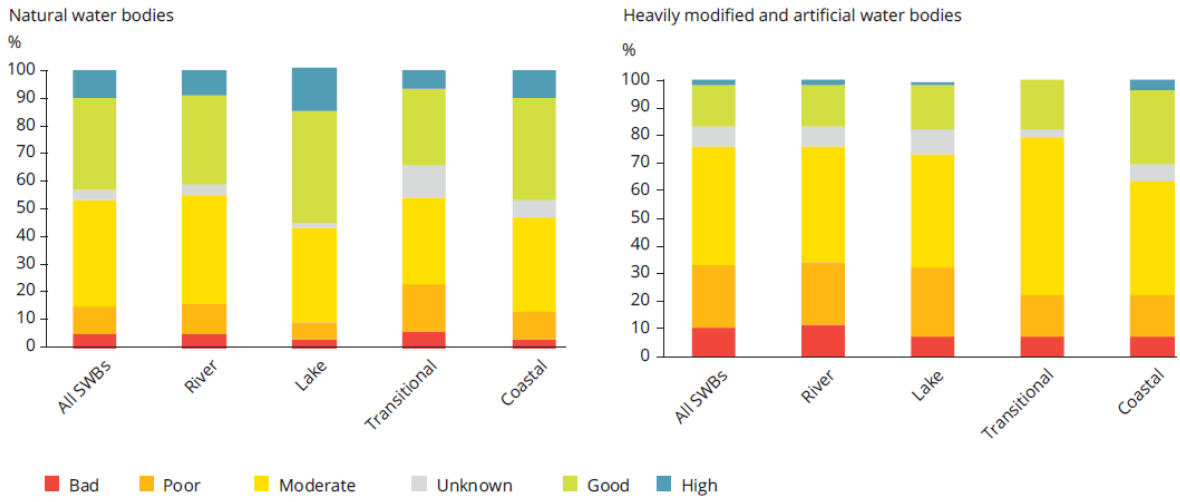


Рис. 2. Экологический статус или потенциал всех поверхностных водных объектов ЕС к 2015 г.

Всего примерно 40 % поверхностных водных объектов находятся в хорошем или отличном экологическом состоянии, в то время как 60 % не достигли хорошего статуса. Озера и прибрежные воды находятся в лучшем состоянии, по сравнению с реками и транзитными водами. Экологический статус природных водных объектов в основном выше, чем экологический потенциал сильно модифицированных и искусственных водных объектов.

ХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС И ДАВЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

Цель Рамочной водной директивы – обеспечить хороший химический статус как поверхностных, так и подземных водных объектов по все Европе. Для поверхностных вод эта цель определяется пределами концентраций определенных загрязняющих веществ, встречающихся в ЕС и известных как приоритетные вещества. Кроме того, могут быть другие химикаты, сбрасываемые в значительных количествах в пределах RBMP (планов управления бассейном реки). Эти планы управления бассейном реки есть этап достижения хорошего экологического статуса. Хороший химический статус означает, что никакие концентрации приоритетных веществ не превышают соответствующие Стандарты качества окружающей среды. Рамочная водная директива ставит цель в возрастающей степени сокращать эмиссию, сбросы и потери приоритетных веществ в поверхностные воды.

Результаты показывают, что 38 % поверхностных водных объектов находятся в хорошем химическом состоянии (по числу водных объектов), в то время как 46 % не достигли хорошего состояния, а статус 16 % неизвестен. В то время как соотношение водных объектов с хорошим статусом более или менее одинаково для рек и транзитных и прибрежных вод, 40–58 %, это соотношение для территориальных вод и озер значительно ниже (15–24 %). Когда не принимаются во внимание ртуть, бромированные дифенил эфиры, трибутилы и некоторые полиароматические углеводороды, тогда почти все воды находятся в хорошем состоянии.

ХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды обеспечивают основной источник питьевой воды для многих граждан ЕС, а также устойчивый базовый сток рек и водно-болотных угодий. Поддержание этого стока и сохранение его от загрязнений жизненно важны как для человека, так и для поверхностных водных экосистем. Хороший химический статус подземных вод достигается тогда, когда не присутствует признаков засоления подземных водных объектов, а концентрация загрязняющих веществ не превышает установленных пределов и не приводит к невозможности достичь экологический или химический статус ассоциированных с этим объектом поверхностных вод.

Государства-члены во втором плане управления бассейном реки отчитались, что 74 % подземных водных объектов ЕС по площади находятся в хорошем химическом состоянии, а 25 % обладают слабым химическим статусом.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СТАТУС ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Рамочная водная директива требует: хороший количественный статус достигается за счет того, чтобы имеющийся в распоряжении ресурс подземных вод не превышается над среднемноголетним средним объемом извлечения воды. Соответственно, уровень подземных вод не может подвергаться никакому уменьшению экологического статуса поверхностных вод, связанных с подземными водами, значительному ущербу зависящих от подземных вод наземным экосистемам и любым разворотам течения, которые вели бы к вторжению соленых вод или чего-либо другого.

Почти 90 % площади подземных водных объектов имеют хороший количественный статус, 9 % общей площади подземных водных объектов имеет низкий количественный статус.

СОВРЕМЕННЫЙ СТАТУС ВОД, ДОСТИГНУТЫЙ ПРОГРЕСС И БУДУЩИЕ ВЫЗОВЫ

Статус подземных вод по всей Европе в основном лучше, чем у поверхностных вод. Хороший химический и количественный статус был достигнут для 74 % и 89 % площади подземных водных объектов соответственно. Примерно 40 % поверхностных водных объектов имеет хороший экологический статус, а 38 % – хороший химический статус (рис. 3).

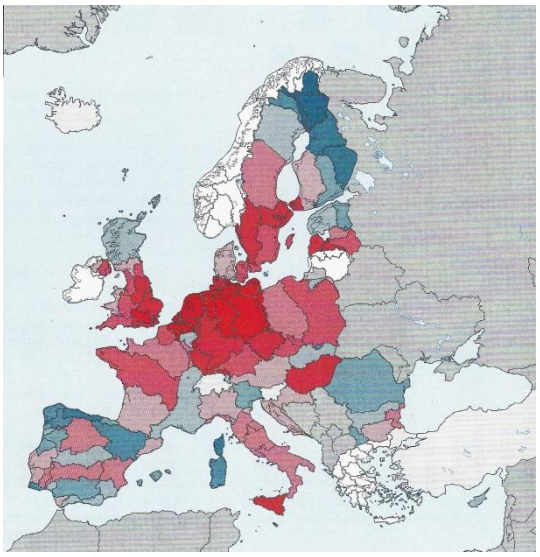


Рис. 3. Процент водных объектов в европейских округах речных бассейнов, которые находятся в хорошем экологическом статусе или обладают потенциалом. Синий – хороший, красный – плохой.

Процент водных объектов с неизвестным статусом сократился за промежуток от первого плана управления бассейном реки до второго. Для поверхностных водных объектов процент неизвестного экологического и химического статуса упал соответственно с 16 % до 4 % и с 39 % до 16 %, в то время как для подземных водных объектов доля неизвестного химического статуса и количественного статуса упала всего до 1 %.

В отчетах по вторым планам управления бассейном реки 38 % поверхностных водных объектов находятся в хорошем химическом статусе. Очень небольшая доля поверхностных водных объектов (3 %) описана как не сумевшая достичь хорошего экологического статуса, если пренебречь такими повсеместно распространенными веществами, как ртуть, и в большинстве государств-членов только несколько приоритетных веществ ответственны за большую часть наблюдаемых плохих химических статусов.

УЧАСТИЕ ЕЦВР В ОБЗОРЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАМОЧНОЙ ВОДНОЙ ДИРЕКТИВЫ ДЛЯ ЕВРОПЕЙСКОЙ КОМИССИИ

ЕЦВР [2] представляет организации и инициативы, заинтересованные в европейской водной политике и относящимся к ней практикам (рис. 4). ЕЦВР является независимой ассоциацией, свободной в выражении мнений, вне зависимости от интересов партнеров и спонсоров. Мы считаем, что сохранение и восстановление рек и связанных с ними экосистем прибрежных зон, водно-болотных угодий и пойм, предоставляемые ими услуги жизненно важно для благосостояния человечества, его здоровья и процветания. Восстановление рек – это зеленый инфраструктурный подход, во все большей степени применяемый при ответе на вызовы управления реками во многих частях Европы. Это широкий экологический подход и он часто совпадает с другими возникающими направлениями политики и стратегиями ЕС, такими как Природные меры по удержанию вод (особенно в отношении речных паводков) и Природных решениях (работа с природой при городском и сельском строительстве).

Под восстановлением рек мы понимаем:

восстановление в направлении естественного состояния и функционирования реки и прибрежной среды путем помощи в возрождении речных экосистем, которые деградировали, были повреждены или уничтожены. Восстановление рек обеспечивает устойчивое многофункциональное использование рек на благо общества.

Роль ЕЦВР заключается в функционировании как сеть знаний и как катализатор, способствующий непрерывному совершенствованию.

Сеть для восстановления рек на основе лучших практик в Большой Европе достигается посредством:

- Соединения людей и организаций, работающих над восстановлением рек и управлением ими.
- Поддержки разработки наилучших практик восстановления рек и управления ими.
- Обмена информацией о восстановлении рек.

Для ЕЦВР Проверка исполнения Рамочной водной директивы и родственных директив была прекрасной возможностью обозначить зоны успеха, но также и некоторые области, вызывающие озабоченность в смысле планирования и выполнения задач директив, особенно планирования и осуществления восстановления рек. Все это было представлено в процессе публичных консультации и обобщено следующим образом.



Рис. 4. Члены и зарегистрированный партнер ЕЦВР.

Свидетельства, собранные ЕЦВР, говорят об обширной работе, проделанной по реализации Рамочной водной директивы по циклам, отраженным в публикациях 2009 и 2015 гг. При том, что проблемы качества воды в значительной степени поняты и это качество улучшено во многих бассейнах, акцент все больше смещается на общую экологию и решение проблем гидро-морфологических давлений и восстановление поперечной и продольной связности.

ЕЦВР может подтвердить значительный сдвиг от местных, ориентированных на науку, практик восстановления рек, нацеленных на единичные виды или участки рек, в направлении более крупномасштабных, интегрированных, межотраслевых подходов на уровне долины реки или бассейна реки. Восстановление реки и поймы, возобновление миграции рыб и создание устойчивой защиты от наводнений требуют консультаций с местными заинтересованными сторонами и общественностью, а также поддержки от них, это вместе с надлежащей подготовкой – инвентаризацией, моделированием, долгосрочным мониторингом и работами по адаптации. Возрастающее внимание уделяется сбалансированности экологических и социально-экономических потребностей и применению принятых принципов, таких как экосистемные услуги, устойчивое и превентивное планирование и принятие решений, а также участие всех заинтересованных сторон на всех соответствующих уровнях, включая трансграничный масштаб.

Рамочная водная директива ставит большие цели как в смысле управления, так и в смысле экологии. Чтобы добиться выполнения этих целей в ходе повторяющегося процесса на протяжении нескольких циклов реализации требуется время, и, чтобы это произошло во всех странах, значительно больше времени, чем первоначально ожидалось. Некоторые страны стартовали с более низких позиций, чем другие. Правило «не выполнил один, не выполнили все» отражает эту высокую целевую планку. Оно обеспечивает хорошую защиту и должное внимание ко всем видам давления и воздействия. Но о достижениях нужно

сообщать более широко, чтобы было признано финансовое участие государственных фондов, чтобы придать больше уверенности действиям политиков и освещать постепенное достижение целей восстановления экологии природных систем.

В странах Центральной и Восточной Европы подход, примененный в Планах управления бассейном реки, признается мощным инструментом, однако восстановление естественного состояния рек в указанном масштабе времени видится многими нереалистичным по экономическим соображениям. В этих странах Рамочная водная директива часто считается чересчур амбициозной и трудновыполнимой на национальном уровне.

В Южной Европе, в Испании, Директива создала возможности для осуществления давно требовавшихся проектов качественного долгосрочного мониторинга, обеспечивающего большую доступность информации и данных большего научного качества, но и опять – это требует много дополнительного времени и энергии, которых не всегда хватает для реализации планов.

В Великобритании и Нидерландах понимание концепции «экологического статуса» как с научной точки зрения, так и с практической, уже зашло достаточно далеко, обеспечивая хорошие стартовые позиции. В том, что касается морфологии, экологии, риска наводнений, первоначальная работа заключалась в том, чтобы лучше интегрировать понимание важности этого в государственное планирование. Однако достижение хорошего статус или потенциала в этих странах все еще проблематично из-за диффузного загрязнения.

ВЫВОДЫ

В основном не инструменты Рамочной водной директивы и Планов по управлению бассейном реки создают проблемы, препятствующие достижению результатов. Само же регулирование ясно обосновано. Аспект, который мог бы быть улучшен, – это выполнение на местном, региональном и национальном уровнях. Оно часто базируется на конфликтующих целях, сопровождается недостаточной согласованностью политики или недостатком готовности и понимания, что часто негативно влияет на использование инструментов. Это еще больше усугубляется отсутствием положительной обратной связи от Комиссии, в силу опоры на доклады о проценте достижения GES/GEP (хорошего экологического статуса/потенциала). ЕЦВР всегда поддерживал и поддерживает и не хотел бы, чтобы было ослаблено ее действие или была снижена высокая планка целей. Рамочная водная директива хорошо согласуется с концепцией и видением восстановления рек, продвигаемыми Центром, и выраженными в целях Десятилетия ООН по восстановлению экосистем, конкретно в восстановлении деградировавших и разрушенных экосистем.

В Западной Европе Рамочная водная директива положительно повлияла на гидроморфологию и связность рек, так как указала на их важность на национальном уровне. Во Франции национальное законодательство в отношении связности рек действует с 2007 г. и за прошедшие 15 лет было выполнено растущее число проектов гидроморфологического восстановления. В Великобритании гидроморфология служит главным побудительным фактором для оценки хорошего экологического статуса/хорошего экологического потенциала и восстановления этого основополагающего элемента поддержки ключевых показателей хорошего экологического статуса.

На севере, в Швеции, Рамочная водная директива помогла осознать критическую важность восстановления связности рек. Это привело к более глубокому пониманию роли воды в сохранении природы. В Норвегии Рамочная водная директива привлекла больше внимания к вопросу связности рек, что уже привело к ускорению принятия ряда мер: пересмотру лицензий на выработке гидроэлектроэнергии, совершенствованию водопропускных труб под дорогами, а также вскрытию и восстановлениюг рек на городских территориях.

В странах Средиземноморья, например, в Испании, связность рек представляет собой одну из важнейших проблем восстановления рек на цикл планирования 2015–2021 гг. Проекты по большей части направлены на улучшение связности, нарушенной плотинами,

дамбами и другими препятствиями. Также существует широкий спектр проектов по устранению плотин.

В Восточной Европе все еще существуют проблемы с оценкой гидроморфологических воздействий – по биологическим элементам.

ЛИКВИДАЦИЯ ПЛОТИН И БАРЬЕРОВ

Растет внимание к ликвидации плотин (проект Dam Removal Europe) в целях восстановления связности рек. Также ясно и то, что не все плотины могут или должны быть убраны, поскольку они выполняют многие функции, востребованные обществом, включая производство гидроэлектроэнергии, обеспечение водоснабжения и водной безопасности (рис. 5).

Главной целью становятся устаревшие конструкции, и те, которые лишь ограниченно используются обществом, а в основном действуют как барьеры для воды, донных отложений и речной биологии. В большинстве случаев ликвидация устаревших плотин является вполне жизнеспособным решением для восстановления рек. Это может привести к быстрому восстановлению фауны и флоры, которые подавлялись со времени строительства рассматриваемых конструкций. Необходимо интегрировать вопрос разборки плотин в планы управления бассейном реки. Они должны включать в себя:

- Разработку плана действий по приданию приоритетности ликвидации устаревших или малополезных плотин.
- Перенаправление финансовых потоков для создания фондов, открытых для использования на удаление барьеров.
- Представление отчетов о ходе удаления плотин и барьеров, включающих в себя представление положительных эффектов этого удаления.



Рис. 5. Ликвидация плотины Йекла де Йелтес, Испания.

ГИДРОЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ

Использование гидроэлектроэнергии – одно из сильнейших воздействий на экологию и непрерывность речных систем, это вызвало потерю ценных поголовий рыбы во многих северных реках. Также это – одно из ключевых решений, поддержанных директивой о возобновляемых источниках энергии. В директиве о возобновляемых источниках энергии содержится полный список критериев устойчивости для биотоплива, но не для гидроэнергетики. Такая ситуация может привести к конкуренции задач в отношении охраны или восстановления непрерывности рек. В Европе и сейчас существуют избыточные плотины гидроэлектростанций, существуют планы, требующие возобновления лицензий или

их пересмотра в результате переговоров, а также планы развития гидроэнергетики, особенно в странах Центральной и Восточной Европы. И требуется согласованность между возобновляемой энергией и законодательством на основе Рамочной водной директивы. Опять же, маленькие или пико-, использующие только течение реки, гидроэлектроустановки вносят только очень небольшую долю в общее производство возобновляемой энергии и не могут обеспечить регулирование этой энергии. Однако они могут давать большой кумулятивный эффект, влияя на непрерывность рек и экологию рек.

В некоторых странах, таких как Финляндия и Швеция, имеются примеры прекращения работы мелких гидроэлектростанций ради других, более важных проектов, таких как любительская рыбалка. Сейчас есть также примеры проектов ликвидации крупных гидроэлектростанций и плотин для возобновления миграции рыб.

Новые гидроэнергетические проекты, в которых достижение целей Рамочной водной директивы не является первостепенным, не должны субсидироваться и должны соответствовать требованиям Директивы. На существующих гидростанциях при возобновлении действия разрешений или пересмотре лицензий должны оцениваться возможности улучшения сооружения рыбопроводов, а также восстановление и сооружение мест обитания для обеспечения природных жизненных циклов, включая создание необходимых экологических потоков.

Есть многообещающие результаты по восстановлению репродукции природной рыбы в старых или строящихся каналах с введением экологических протоков, но это еще не стало обычной мерой по всей Европе. Национальная стратегия Финляндии по строительству рыбоходов демонстрирует, что новые места обитания в обходных каналах могут служить важным инструментом. Участки рек, оставленные сухими, из-за забора воды на нужды гидростанций должны быть восстановлены через согласование достаточных экологических притоков.

В 2019 году в Швеции вошел в силу новый закон, обязующий все гидроэлектростанции пройти повторную экспертизу для обеспечения соответствия современным требованиям в отношении окружающей среды и директивам ЕС.

В Норвегии имеются положительные примеры разработки новых инструментов и мер сокращения, которые позволяют продолжать получение гидроэлектроэнергии в сочетании со значительно уменьшенными воздействиями на окружающую среду. Национальный план пересмотра более 100 первоочередных лицензий на производство гидроэлектроэнергии вместе с введением и растущим использованием «оговорки об управлении окружающей средой» в лицензиях в Норвегии, направленной на сокращение негативного воздействия на окружающую среду посредством модернизированных требований, например, внедрения экологических протоков, усовершенствованных проходов для рыбы и восстановления нерестилищ лососевых и мест обитания речных моллюсков. Таким образом, должно существовать отчетливое комплексное руководство по производству гидроэлектроэнергии на уровне ЕС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. European waters – assessment of status and pressures 2018. European Environmental Agency, 2018 Luxembourg Publication Office of the European Union.
2. www.ecrr.org.
3. ECRR’s Response to the Public Consultation to inform the Fitness Check of the Water Framework Directive, its Associated Directives (Groundwater Directive and Environmental Quality Standards Directive) and the Floods Directive. ECRR, 10 March 2019, Wageningen, The Netherlands.
4. https://www.gov.pl/documents/1379842/1381036/KDP_01_-Summary_2.pdf/19dc14d1-fb53-ee6a-7de5-82a5c010baa8.

УДК 556.557

ПЕРЕРАБОТКА БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Хафизов А.Р., Камалетдинова Л.А., Гайсин И.З.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, г. Уфа, Россия
Камалетдинов Ф.Ф.
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Россия
bashniivh@mail.ru

Ключевые слова: водохранилище, береговая линия, переработка берегов, абразионные процессы, эрозия, лоции.

Проанализирована динамика переработки берегов Павловского водохранилища с использованием фондовых материалов и картографических данных. По результатам сбора, систематизации и анализа предыдущих исследований и данных лоций, выявлены участки, подверженные абразионным процессам. В апреле 2019 г. проведено рекогносцировочное обследование участков берегов Павловского водохранилища. По результатам обследования, часть участков исключена из исследования, так как процесс формирования берегов на них стабилизировался.

TRANSFIGURATION OF THE PAVLOVSK RESERVOIR BANK LINE

Chafizov A.R., Kamaletdinova L.A., Gaysin I.Z.
RosNIIVKh Bashkir Branch, Ufa, Russia
Kamaletdinov F.F.
Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia
bashniivh@mail.ru

Key words: reservoir, coastline, transformation of banks, abrasion processes, erosion, sailing directions.

The article has analyzed the dynamics of transformation of the banks of the Pavlovsk reservoir using stock materials and cartographic data. According to the results of the collection, systematization and analysis of previous studies and data on the activities, we have identified areas prone to abrasion processes. In April 2019, a reconnaissance survey on sections of the banks of the Pavlovsk reservoir was conducted. According to the survey results, some of the sites were excluded from the study, since the process of banks formation there has stabilized.

В большинстве случаев создание устойчивой береговой линии происходит в первые годы эксплуатации водохранилища. Вместе с тем эволюция берегов определяется двумя группами факторов. С одной стороны, существенное влияние на переработку берегов оказывает волнение, зависящее, в свою очередь, от размеров водохранилища, его заливов или режима регулирования водохранилища. С другой стороны, значительную роль играют: свойства пород, слагающие берега, крутизна склона, его высота, геологическое строение. Также следует учитывать характер растительности берегов, техногенную нагрузку и изменение водохозяйственных функций водохранилища [1]. Если не учитывать эти особенности формирования берегов, то неизбежно появятся нежелательные последствия, наносящие ущерб. При этом переработка берегов водохранилища оказывает непосредственное влияние на жилые постройки, объекты народного хозяйства, железные и автомобильные дороги, линии связи и электропередач, промышленные предприятия и др.

Под переработкой берегов следует понимать результат совокупного воздействия гидрометеорологических, геологических и инженерно-геологических процессов (абразия,

эрозия, карст, суффозия и др.), приводящих к деформированию береговых склонов и прибрежных территорий.

Целью исследования является анализ современного состояния берегов Павловского водохранилища, уточнение участков, подверженных абразивным процессам и их влияние на объекты инфраструктуры.

Первым этапом исследования процессов переработки берегов являлись сбор, систематизация и анализ информации о процессах переработки берегов Павловского водохранилища в предыдущих исследованиях.

Предыдущие комплексные исследования берегов проводились:

– в 1986–1987 годах Башкирским сельскохозяйственным институтом совместно с «УралНИИВХ»;
– в 1987–1988 гг. ПГО «Башкиргеология»;
– в 2013 г. Башкирским филиалом ФГУП РосНИИВХ при разработке Правил технической эксплуатации и благоустройства Павловского водохранилища.

В ходе исследования 1986–1987 гг. определено, что водохранилище построено в юго-западной части Уфимского плато, сложенного известняками и доломитами нижнепермского возраста. Известняки – светло-серые, глинисто-кремнистые, битуминозные, от тонкослоистых до массивных органогенно-обломочного происхождения. Берега водохранилища преимущественно выпуклые, крутые, на отдельных участках отвесные высотой до 30–40 м.

В 1986–1989 гг. Башкирская комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая партия провела работу по изучению экзогенных геологических процессов в северной части Башкирской АССР, в том числе Павловского водохранилища. По направленности развития берега на Павловском водохранилище были выделены абразионные, абразионно-аккумулятивные, аккумулятивные и субаэральные нейтральные берега, к последним отнесены участки малоизмененные под воздействием водохранилища, которые на период исследования находились в динамическом равновесии, а абразионные берега подразделены на денудационные, осыпные, обвально-осыпные, оползневые.

В 2013 г. проведено обследование береговой линии Павловского водохранилища специалистами БашГУ в период разработки ПТЭБ Павловского водохранилища. Общая длина береговой линии Павловского водохранилища при НПУ 140 мБС составляет 360,0 км. Из них протяженность не размываемых берегов 321,9 км, а абразионно-аккумулятивных – 38,9 км.

В соответствии с порядком регулирования режима функционирования, установленным в Правилах использования водных ресурсов Павловского водохранилища в его акватории [2], специалистами Башкирского филиала РосНИИВХ выделено шесть зон воздействия:

Зона 1. Зона постоянного затопления;

Зона 2. Зона периодического или временного затопления;

Зоны 3. Зона повышения уровня грунтовых вод и подтопления за счет подпора грунтовых вод;

Зона 4. Зона возможного изменения берегов водохранилища;

Зона 5. Зона климатического воздействия водохранилища;

Зона 6. Зона воздействия регулирования поверхностного стока вод в водный объект ниже гидроузла.

В зоне возможного изменения берегов водохранилища (зона 4) происходит изменение первоначальной формы береговых склонов в результате воздействия водохранилища, выражающееся в разрушении надводной части склона волнами и образовании аккумулятивной береговой отмели.

К видоизменению направления (абразионного или аккумулятивного) и интенсивности развития берега, прибрежной отмели приводит изменение морфологических и гидрометеорологических условий формирования типов берегов водохранилища в процессе их переработки под влиянием природных и антропогенных причин. Изменение уровненного режима водохранилища в сторону повышения приводит к абразионному размыву ранее

сформированных аккумулятивных и нейтральных берегов. Активны процессы боковой эрозии при весеннем снеготаянии и резких колебаниях уровней воды водохранилища.

На Павловском водохранилище наибольшее распространение получили абразионные берега. Аккумулятивный тип берега, характеризующийся отсутствием разрушений берегов волновым процессом, развит преимущественно в заливах впадающих притоков. Наблюдается он на участках наименьшего волнения воды. Тип абразионно-аккумулятивного (переходного) берега встречается исключительно в средней и верхней части водохранилища.

Имеются участки абразионного типа, где берег подвержен незначительной переработке вследствие воздействия водохранилища (ежегодных сработок и наполнений, воздействия ветровых волн).

В заливах Павловского водохранилища берега в основном аккумулятивного типа. Участки берегов в заливах характеризуются отсутствием разрушений берегов волновым процессом и широкой отмелью (мелководной зоной до 2,0 м). Протяженность берега, подверженного незначительным аккумулятивным процессам, составила 11,5 км.

По результатам обследования береговой линии водохранилища специалистами Башкирского филиала ФГБУ РосНИИВХ в период разработки ПТЭБ Павловского водохранилища выявлены 19 участков абразионного типа берегов. Из этих участков выбрано 7 участков, где абразионный процесс может оказывать воздействие на жилые постройки и хозяйственные объекты (таблица 1).

Табл. 1. Характеристики участков, подверженных абразионным процессам

№ уч.	**Расстояние участка от створа плотины, км**	**Длина участка, м**	**Расположение участка**	**Обоснование исследования участка**
1	31,0	760	Правый берег водохранилища	Близость рекреационного объекта (спортивный лагерь имени Гастелло)
2	74,8	2480	Правый берег водохранилища	Близость населенных пунктов (село Магинск)
3	78,0	450	Левый берег водохранилища	Близость населенных пунктов (село Магинск)
4	93,6	3270	Левый берег водохранилища	Близость дорог и населенных пунктов (село Караидель)
5	94,5	2450	Правый берег водохранилища	Близость дорог и населенных пунктов (село Караидель)
6	107,8	3750	Правый берег водохранилища	Близость населенных пунктов (деревня Нижние Балмазы, деревня Уразбахты)
7	117,7	1950	Правый берег водохранилища	Близость населенных пунктов (село Новомуллакаево)
Итого		16760	5 участков по правому берегу 2 участка по левому берегу	

Исследуемые участки берега, сложенные морскими карбонатными нижнепермскими отложениями, относятся к абразионным типам берегов, подвергающимся интенсивной переработке и средним или сильным экзогенным процессам. Для более детального изучения переработки берегов Павловского водохранилища на 7 участках определено, в каких гидрологических зонах они находятся и типы берегов (табл. 2).

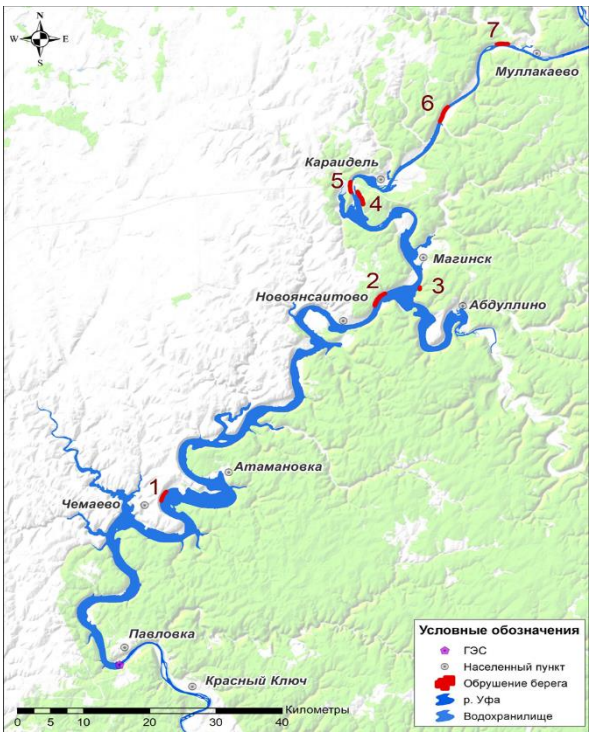


Рис. 1. Местоположение исследуемых участков берегов Павловского водохранилища, подверженных абразионным процессам.

Величина переработки берегов определена путем наложения разновременных карт (лоций 1985 и 2008 гг.), по которым определены изменения конфигурации береговых линий и проведены замеры этих изменений. Это позволило оценить величину переработки берегов (м) с 1985 по 2008 год (таблица 3). Величины смещений берегов данных участков промерены с помощью инструментов ArcGIS.

Табл. 2. Гидрологические зоны и типы берегов участков, подверженных абразионным процессам

Участок	Типы берегов	Гидрологические зоны
1	Абразионный денудационный	Зона наибольшего развития волнений
2	Абразионный осыпной	Зона наибольшего развития волнений
3	Абразионно обвально-осыпной	Зона наибольшего развития волнений
4	Абразионно обвально-осыпной.	Зона наибольшего развития волнений
5	Абразионный осыпной	Зона наибольшего развития волнений
6	Субаэрально-нейтральный.	Зона ограниченного развития волнения
7	Абразионный осыпной	Зона ограниченного развития волнения

Табл. 3. Характеристика смещения береговой линии с 1985 по 2008 гг.

Участок	**Величина смещения, м**
1	13
2	6.7
3	82
4	27.6
5	2.7
6	5.4
7	4.3

Из табл. 3 видно, что выделяются характерные участки: 1, 3 и 4, где величина смещения отличается в разы в сравнении с другими участками. Далее приводятся совмещенные лоции этих участков (рис. 2–4).

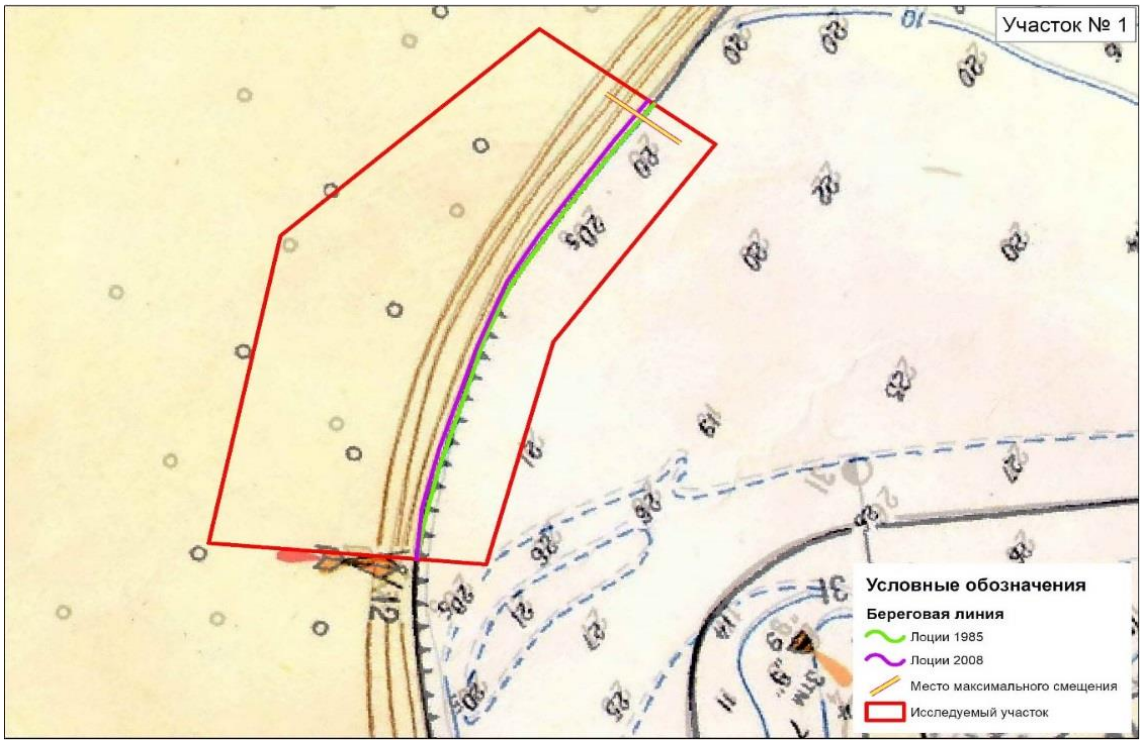


Рис. 2. Участок № 1.

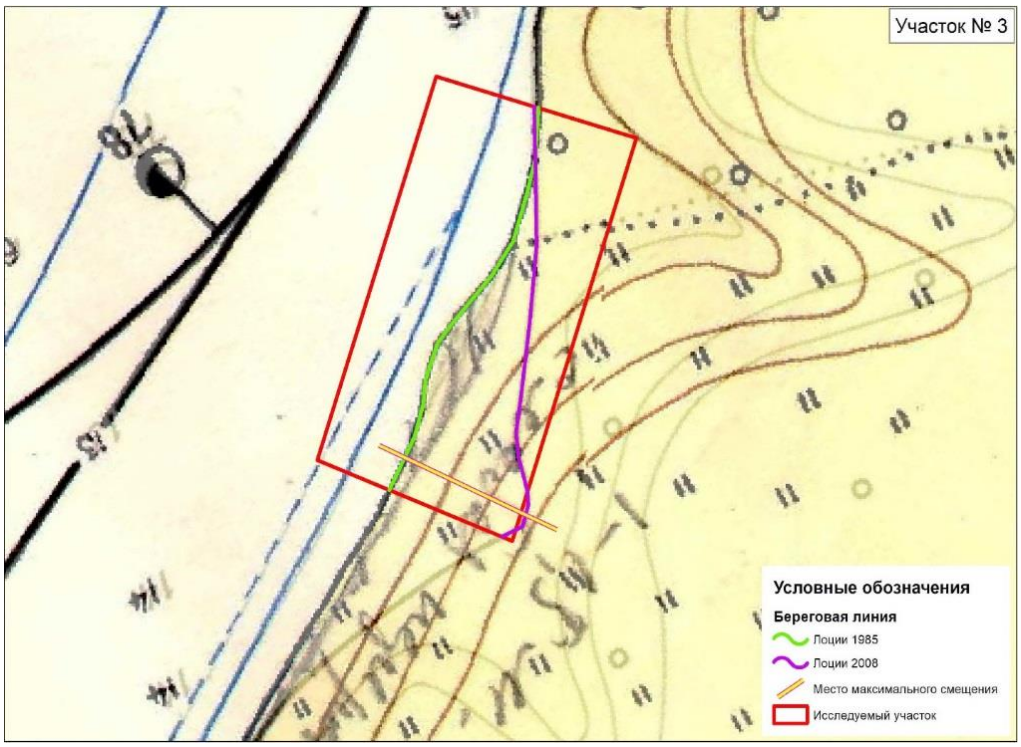


Рис. 3. Участок № 3.

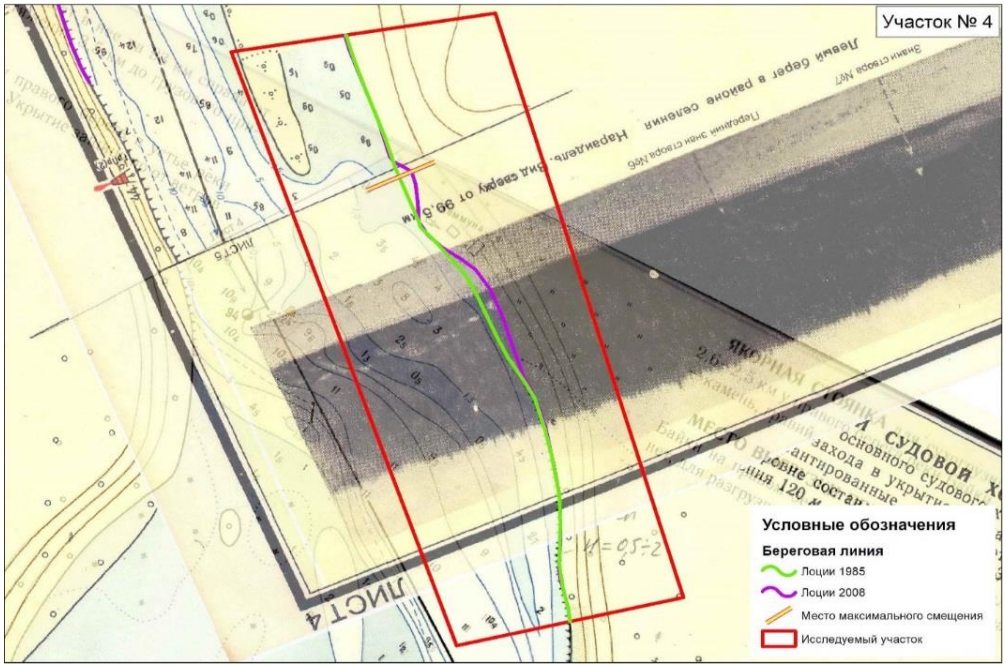


Рис. 4. Участок № 4.

Сравнительно большая величина смещения береговой линии на участке 3 и 4 объясняется несколькими факторами:

– уклоном берега. В отличие от остальных участков берега эти участки имеют наименьший уклон (пологие);
– типом берега – абразионно обвально-осыпной тип, который более подвержен разрушению.

Полученные сведения о величине переработки берегов методом сравнения лоций 1985 и 2008 гг. (кроме участков 1, 3, 4) вполне согласуются с полученными данными по переработке берегов в ПТЭБ Павловского водохранилища 2013 г., что с момента ввода в эксплуатацию водохранилища по 2013 г. значение отступания берегов составило 5–7 м в среднем.

Вторым этапом работ является рекогносцировочное обследование береговой линии Павловского водохранилища на участках исследования, которое было выполнено в апреле 2019 г. Во время обследования уровень водохранилища был понижен перед ежегодным наполнением и находился на отметке 129,47 мБС. Опасных геологических явлений на исследуемых участках на момент обследования выявлено не было. По результатам первого и второго этапов работ, определены пять изыскиваемых участков для дальнейшего исследования и проведения полевых работ: 1, 3, 4, 5, 6.

По данным рекогносцировочного обследования береговой линии Павловского водохранилища два участка, выбранные на первом этапе, были исключены из списка проблемных. Это участки под номерами 2 и 7. На участке 2 (село Магинское) берег относительно пологий, каменистый с многочисленными древесными остатками (стволы деревьев, пни, коряги). На участке не наблюдается деформационных процессов. На участке 7 (село Новомуллакаево) берег пологий, каменистый, наблюдается формирование пляжа. По опросу местных жителей размывов берегов за последние 15 лет не наблюдалось. На исследуемом участке нет деформационных процессов.

ВЫВОДЫ

Для отслеживания тенденции изменения состояния берегов Павловского водохранилища использовали фоновые материалы и картографические данные. Наблюденная по створам динамика показывает стабилизацию интенсивности переработки береговой полосы по мере эксплуатации водохранилища. Однако на участках 3 и 4 величина смещения береговой линии по

совмещенным картам лоций 1985 и 2008 гг. чрезмерно велика, вследствие чего требуется дополнительное исследование данных участков в полевых условиях.

Во время маршрутно-рекогносцировочного обследования 12 апреля 2019 г. было посещено 5 участков исследования: 1, 2, 5, 6, 7. Участки 3 и 4 посещены не были, так как в данное время года подъезда к ним нет.

Из пяти осмотренных участков два участка: 2 (село Магинское) и 7 (село Новомуллакаево) были исключены из полевых работ летом 2019 г., так как абразионные процессы на данных участках не затрагивают жилые дома, постройки и другие объекты народного хозяйства. Остальные пять участков рекомендуется дополнительно обследовать во время полевых работ в июле 2019 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хафизов А.Р.* Безопасное функционирование ГТС – как фактор экологической устойчивости водосборов / А.Р. Хафизов, Д.Н. Кутлияров // «Аграная наука – сельскому хозяйству»: сб. матер. 3-ей междунар. науч.-прак. конф. / АГАУ. Барнаул, 2008. Т. 3. С. 320–322.
2. *Хафизов А.Р.* О разработке Правил использования водохранилищ (на примере водохранилищ Республики Башкортостан) // Водное хозяйство России. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2014. С. 457–462.
3. *Хафизов А.Р.* Современное состояние гидротехнического строительства в РБ / А.Р. Хафизов // 62-я науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию НГАСУ : сб. матер. 62 междунар. науч.-прак. конф. / Сиб-Стрин. Новосибирск, 2005. С. 2–3.
4. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. 34 с.
5. Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ. СанПиН 3907-85. М.: Министерство здравоохранения СССР, 1986. 7 с.

УДК: 556.18:504.4

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ АРГУНЬ

Чечель А.П.
Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской Академии наук, г. Чита, Россия
alchechel@mail.ru

Ключевые слова: Забайкальский края, трансграничная река Аргунь, водно-ресурсный потенциал, водный стресс, проблемы водопользования.

Рассмотрены вопросы гидроэкологической безопасности жизнедеятельности населения и хозяйственного развития районов Забайкальского края в бассейне международной реки Аргунь с учетом трансграничных воздействий. Для предупреждения кризисных ситуаций необходимо проведение водохозяйственных мероприятий по обеспечению благоприятных условий водопользования на трансграничных водных объектах.

HYDROECOLOGICAL PROBLEMS OF SAFE WATER USE IN THE TRANSBOUNDARY ARGUN RIVER BASIN

Chechel A.P.
Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia,
alchechel@mail.ru

Key words: Trans-Baikal Krayareas, transboundary Argun River, water resource potential, water stress, water use problems.

The article deals with problems of hydro/environmental safety of the population and the economic development of the areas of Trans-Baikal Krai in the basin of the international Argun River, taking into account transboundary impacts. To prevent critical situations it is necessary to take certain water/economic measures to ensure favorable conditions of water use in transboundary water bodies.

Приграничные районы Забайкальского края в бассейне реки Аргунь имеют большое значение в экономике региона, в т.ч. и в развитии российско-китайских экономических связей [1]. В связи с этим важны вопросы гидроэкологической безопасности жизнедеятельности населения и хозяйственного развития с учетом трансграничного характера реки Аргунь [2].

В приграничных районах Забайкальского края в бассейне р. Аргунь забор воды оценивается в 60 млн $м^3$ в год, в том числе за счет подземных водоисточников – около 47 млн $м^3$ в год. Это составляет около 18 % от забора воды в Забайкальском крае (7,5 % от забора поверхностных и 29,4 % – подземных вод), при доле их в площади около 19,5 %, т.е. около среднего уровня по краю. Оборотное использование воды составляет около 260 млн $м^3$ в год. Используются преимущественно подземные воды. Для организации в этих районах сколько-нибудь устойчивого (круглогодичного) водоснабжения и/или крупного предприятия за счет поверхностных водоисточников требуется строительство водохранилищ, использование стационарных запасов озер или транзитного стока. На транзитном стоке реки Аргунь в значительной мере организовано техническое водоснабжение в Краснокаменском районе Приаргунского производственного горно-химического объединения (17,1 % водозабора предприятия) и хозяйственно-питьевое водоснабжение поселка городского типа Забайкальск в Забайкальском районе (79,4 %). Остальные водопользователи используют подземные и поверхностные воды притоков р. Аргунь, т.е. «суверенный» (местный) водный сток. В структуре водопользования преобладает забор воды на производственно-технические

нужды (86 % забора воды), на хозяйственно-питьевые нужды и нужды сельского хозяйства приходится по 7 % забора воды [3].

По литературным и ведомственным материалам произведена оценка водно-ресурсного потенциала приграничных районов Забайкальского края в бассейне р. Аргунь по основным оценочным категориям (потенциальные ресурсы – полный речной сток, прогнозные ресурсы подземных вод и фактически используемые ресурсы) [4]. Бассейн р. Аргунь в целом и приграничные районы Забайкальского края относятся к территориям с низкой водностью – от 2,6 л/с на 1 км^2 и менее. Только Могочинский район, находясь в горно-таежной зоне, имеет несколько повышенную водность (4,3 л/с на 1 км^2). Южнее расположенные районы находятся преимущественно в лесостепной, степной и сухостепной зонах. Повсеместно малы ресурсы подземных вод (от 0,5 л/с на 1 км^2 и менее, а в среднем по бассейну 0,27 л/с на 1 км^2) [5] (табл. 1). По методике оценки территорий для хозяйственной деятельности [6] эти районы неблагоприятны для организации промышленно-гражданского водоснабжения и ограниченно благоприятны для сельскохозяйственного освоения. Это обусловливает повышенные расходы на организацию водоснабжения крупных городов и водоемких предприятий, а также мер по устойчивому и рациональному водопользованию.

Табл. 1. Модули речного стока и подземных вод р. Аргунь

Бассейн р. Аргунь	Модуль водных ресурсов, л/с·км^2	
	местного среднего многолетнего речного стока	прогнозных подземных вод
Россия в бассейне р. Аргунь	2,3	0,27
Китай в бассейне р. Аргунь (без учета бассейна оз. Далайнор)	1,7	0,29*

* *Примечание*: расчетное – для подземного речного стока.

Для оценки водообеспеченности районов важны также гидроэкологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения и хозяйственного развития, которые раскрываются через понятие «водный стресс» и нормативы допустимого изъятия речного стока. Для оценки водного стресса используется соотношение водозабора из водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам [7]. Если это отношение менее 10%, то водного стресса нет, от 10 до 20 % – слабая нехватка воды, 20–40 % – умеренная, более 40 % – высокий уровень нехватки воды (водный стресс) (табл. 2).

Табл. 2. Отношение водозабора к доступным возобновляемым водным ресурсам (водный стресс) в бассейне р. Аргунь

Районы в бассейне р. Аргунь	**Отношение забора воды от водных ресурсов, %**	
	местного среднего многолетнего речного стока	**прогнозных подземных вод**
В пределах муниципальных районов России	1,0	8,3
Районы Китая в бассейне р. Аргунь (без учета бассейна оз. Далайнор)	14,1–25,3	82,7–148,3*

* *Примечание*: расчетное – по отношению к подземному речному стоку.

В большинстве районов российского Приаргунья не отмечается водного стресса. Кроме Борзинского района – низкий уровень водного стресса и Краснокаменского района, где высокий и очень высокий водный стресс (дефицит воды). В этом районе ведутся горно-добычные работы и карьерный и шахтный водоотлив; превышение фактического использования вод над местными доступными возобновляемыми ресурсами означает не только использование (транзитного) трансграничного стока р. Аргунь, но и истощение стационарных запасов подземных вод. В этих районах необходимо проведение мероприятий по экономному использованию водных запасов и увеличению (расширенному воспроизводству) устойчивого стока. Это особенно актуально в связи с трансграничным характером р. Аргунь. Китайская часть бассейна в значительно большей мере освоена сельским хозяйством и промышленностью и активно использует свой «суверенный» (местный) сток для водоснабжения быстро растущего хозяйства, осуществляя значительное безвозвратное изъятие речного стока из р. Аргунь и ее притоков не считаясь с пограничным статусом реки (табл. 3).

Табл. 3. Водный стресс на территории стран в бассейне р. Аргунь (без учета бассейна оз. Далайнор)

Страна, регион	Полный речной сток, км^3	Отбор воды, км^3	Отношение отбора воды к объему среднего годового полного речного стока, % *
Китай (округ Хулунбуир)	6,2	0,88–1,58 **	14,2–25,5
Россия (Забайкальский край)	4,4	0,06	1,4
Бассейн р. Аргунь	10,6	0,94–1,64	8,9–15,5

* Примечания: отношение менее 10 % – водного стресса нет, от 10 до 20 % – слабая нехватка воды, 20–40 % – умеренная, более 40 % – высокий уровень нехватки воды (водный стресс);
** по данным [8].

Изъятие речного стока в российской части бассейна р. Аргунь составляет в настоящее время около 3 % от норматива допустимого изъятия речного стока, установленного Федеральным агентством водных ресурсов РФ для трансграничной реки Аргунь в объеме 1893 млн м^3 в средний год [9]. Водный стресс в китайской части бассейна р. Аргунь уже в настоящее время близок к нормативу допустимого изъятия речного стока, а в перспективе будет превышен. В обозримой перспективе водозабор в бассейне р. Аргунь может увеличиться до 2,25 км^3, в т.ч. в российской части бассейна – 0,16, а китайской – более 2 км^3. Отношение отбора воды к объему среднего годового полного речного стока составит соответственно для российской части бассейна – 1,4 % (нет водного стресса) и китайской – 33,5 % (умеренный стресс), что значительно превысит рекомендуемые параметры устойчивого водопользования [10].

Трансграничные воды р. Аргунь, поступающие на территорию России из Китая, характеризуются по ИЗВ как очень загрязненные и грязные, что свидетельствует о наличии на территории Китая источников загрязнения. Если на долю Китая в бассейне р. Аргунь приходится 87,5 % сброса сточных вод в поверхностные водные объекты (по экспертным оценкам ДальНИИВХ (г. Владивосток) [11], то в целом в бассейне этой реки сброс сточных вод составляет не менее 114 млн м. На р. Аргунь со стороны России находятся водозаборы, обеспечивающие водоснабжение населенных пунктов, качество вод которых не соответствует нормам, установленным для этих целей [12].

Таким образом, для приграничных районов Забайкальского края складывается потенциально кризисное положение для использования трансграничного стока. Выход за гидроэкологические параметры безопасности территории (чрезмерное изъятие: локальное или региональное, устойчивого стока, загрязнение вод) может нанести ущерб водным объектам, истощить речной сток и ухудшить условия для существования водных экосистем,

подорвать ресурсы для ведения рыбного промысла и пойменно-руслового водопользования (различных видов рекреационного водопользования и др.). В данной ситуации необходимо ориентировать водоснабжение на местные ресурсы, устанавливать системы водоочистки на объектах хозяйственно-бытового водоснабжения, базирующихся на трансграничных водотоках и рекомендовать китайским водопользователям, при использовании трансграничных рек, строить водную политику на основе норм международного права.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чечель А.П.* Типы хозяйственного развития приграничных районов в бассейне р. Аргунь (Забайкальский край) // Мат-лы Всероссийской научно-практической конференции «Географические исследования экономических районов ресурсно-периферийного типа» (г. Чита, 2012 г.). Чита, 2012. С. 94–96.

2. *Болгов М.В., Фролова Н.Л.* Водный режим реки Аргунь и озера Далайнор в условиях антропогенного воздействия // География и природные ресурсы, 2012. С. 21–29.

3. *Абакумова В.Ю.* Проблемы водоснабжения некоторых приграничных районов Забайкальского края // Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии / Мат-лы научно-практич. конф. Чита: Экспресс-издательство, 2010. С. 5–8.

4. *Чечель А.П.* Оценка водно-ресурсного потенциала приграничных районов бассейна р. Аргунь (Забайкальский край) // Гео- и экосистемы трансграничных речных бассейнов на востоке России: проблемы и перспективы устойчивого развития: мат-лы Всерос. науч. семинара (25-28 августа 2013 г. Денисова пещера, Алтайский край) / Сибирское отделение РАН, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2014. С. 163–168.

5. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Забайкальского края за 2009 г. Вып. 14. Чита: Забгеомониторинг, 2010. 242 с.

6. Районная планировка: справочник проектировщика / В.В. Владимиров. Н.И. Наймарк, Г.В. Субботин и др. М.: Стройиздат, 1986. 325 с.

7. *Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iwp.ru/monograf/ddwater/te/ann.html, дата обращения: 03.04.2015.

8. *Симонов Е., Горошко О.А., Кирилюк В.Е., Кирилюк О.К., Кочнева Н.* Экологические риски трансграничного водопользования в Даурии в условиях климатических колебаний // Реки Сибири: мат-лы VI Междунар. научно-практ. конф. Красноярск, 22–24 марта 2011 г. Красноярск, 2011. С. 65–70.

9. Проект нормативов допустимого воздействия (НДВ) по бассейну реки Амур: река Аргунь. Хабаровск: Федеральное агентство водных ресурсов РФ: Амурское бассейновое водное управление, 2012. 86 с.

10. *Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л.* Гидроэкологическая безопасность территории: причины изменения и способы повышения надежности // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: мат-лы Междунар. конф. Томск: Изд-во НТЛ, 2000. С. 4–7.

11. Охрана трансграничных вод дошла до экспертизы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://zabinfo.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=39781, дата обращения: 30.10.2007.

12. *Зима Ю.В., Никифорова Г.И.* Состояние качества вод р. Аргунь // Природные ресурсы и проблемы геосферных исследований: Мат-лы научн. конф. Чита: Изд-во Забайкал. гос. гум.-пед. ун-та, 2006. С. 179-181.

УДК 556.51:556.16

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КРИЗИС НА ПОГРАНИЧНОМ УЧАСТКЕ РЕКИ АРГУНЬ: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Шаликовский А.В., Солодухин А.А., Шаликовский Д.А.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия
vostokniivh@mail.ru

Ключевые слова: трансграничный бассейн, река Аргунь, озеро Далайнор, гидрологический режим, переброска стока.

Охарактеризована ситуация, связанная с переброской стока р. Аргунь (Хайлар) в оз. Далайнор (Хулун) и другими водохозяйственными мероприятиями. Показано, что определяющим фактором изменения объема озера являются осадки, а не переброска стока. Выполнена оценка снижения стока р. Аргунь в результате этих мероприятий.

WATER/ECONOMIC CRISIS AT THE ARGUN RIVER BOUNDARY REACH: CAUSES AND CONSEQUENCES

Shalikovsky A.V., Solodukhin A.A., Shalikovsky D.A.
RosNIIVKh Eastern branch, Chita, Russia
vostokniivh@mail.ru

Key words: transboundary basin, Argun River, Lake Hulun, hydrological regime, flow transfer.

The situation associated with the flow transfer of the Argun (Hailar) River to Lake Dalainor (Hulun) and other water management activities has been described. The authors have demonstrated that precipitation, not flow transfer, is the critical factor in the lake volume changes. An estimate of reduction of the Argun River flow as a result of these activities has been done.

Река Аргунь считается истоком р. Амур – ее верхний участок (669 км) расположен в Китае, а далее по фарватеру реки проходит граница между Российской Федерацией и КНР (951 км). В КНР верхний участок реки носит название Хайлар, а истоком р. Аргунь считается слияние р. Хайлар с рекой, вытекающей из оз. Далайнор (ныне – канал Синкайхэ). Некоторые исследователи полагают, что истоком р. Аргунь следует считать самый длинный приток озера – р. Керулен. В этом случае длина реки возрастает с 1620 до 2311 км, а площадь бассейна – с 164 тыс. до 285 тыс. км^2 (рис. 1) [1]. Китайская сторона полагает, что р. Хайлар не является трансграничной рекой и любое воздействие на ее сток – это внутреннее дело КНР. На основании этого в КНР осуществляются крупномасштабные проекты, оказывающие негативное воздействие на сток и водный режим р. Аргунь.

Значительное внимание к р. Аргунь вызвано переброской части ее стока в оз. Далайнор (Хулун), которое считается четвертым по площади пресноводным озером в КНР (рис. 2). Данное озеро является достаточно мелким относительно своего размера – при площади водного зеркала 2339 км^2 его средняя глубина составляет 5,92 м, а максимальная – около 8 м (при уровне воды 545,33 м). Объем воды в озере достигает 13,85 км^3[2].

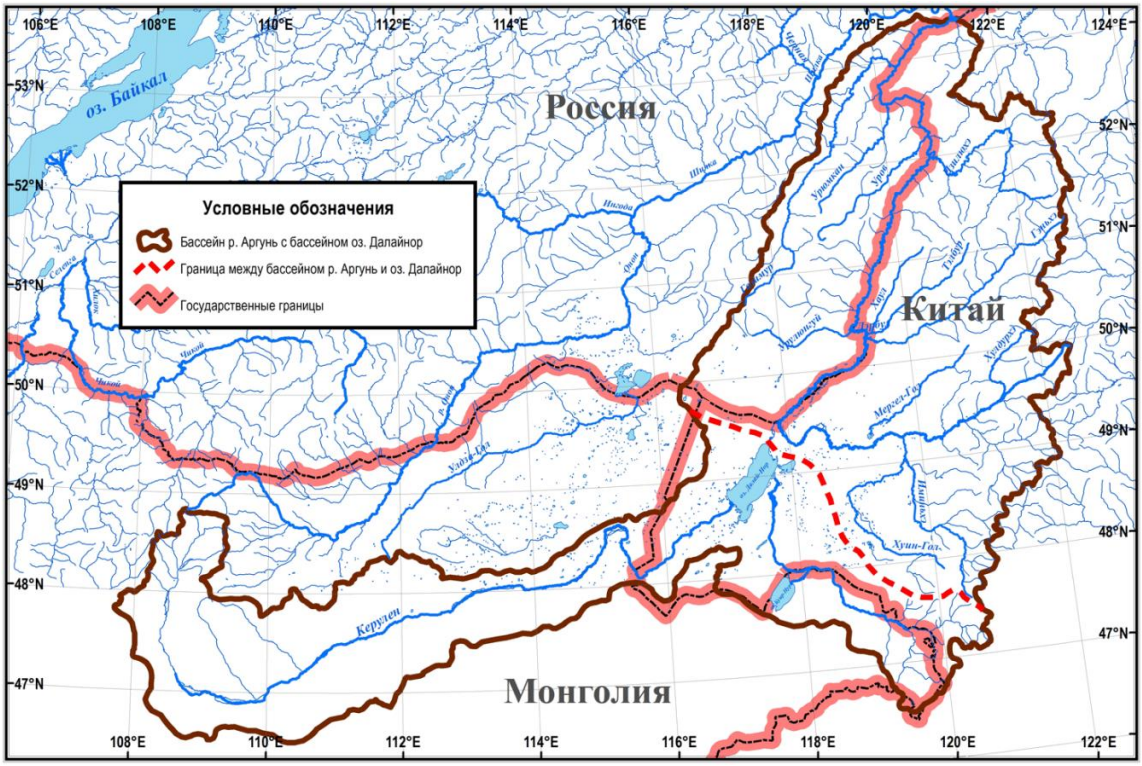
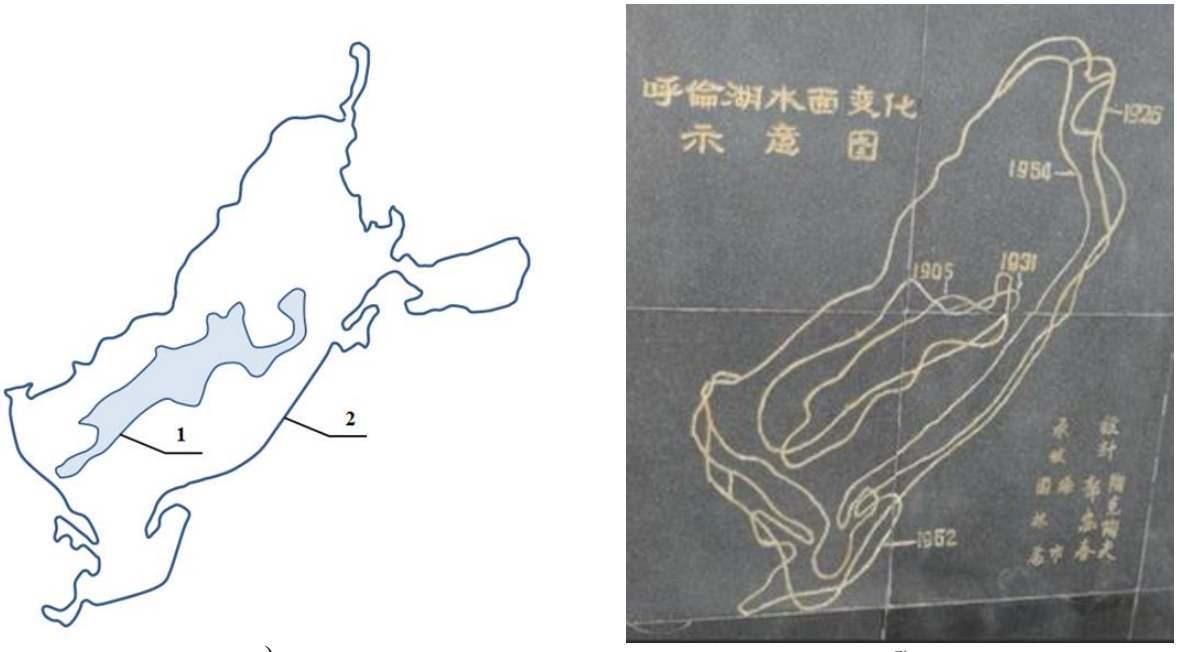


Рис. 1. Схема бассейна р. Аргунь.



Рис. 2. Расположение оз. Далайнор.

Далайнор, как и все озера данного региона, является «пульсирующим» – его уровень колеблется в значительных пределах в зависимости от климатических условий. Так, в 1900 г. озеро практически полностью пересыхало (рис. 3). В XX в. наблюдалось три влажных периода (1900–1926, 1952–1964 и 1984–1999 гг.) и две сухие фазы (1927–1951 и 1965–1981 гг.). За два первых многоводных периода уровень озера повысился с 537 м в 1900 г. до 545,3 м в 1964 г. В сухие периоды уровень понижался на 2,5…3,0 м [3].



а) **б**)

Рис. 3. Контуры оз. Далайнор по разновременным топографическим картам (а) и фотография памятного знака на побережье озера (б): 1 –начало XX в.; 2 – 1990-е годы.

Последний сухой период начался в 2000 г. и к 2009 г. уровень озера понизился на 4,5 м, площадь зеркала уменьшилась до 1856 км^2 (на 20 %), а объем воды – почти в 3 раза (до 4 км^3). Если понижение уровня в предшествующие маловодные периоды определялось изменениями климатических характеристик, то на его падение в начале XXI в. влияли и антропогенные факторы.

Для восстановления озера в КНР был реализован проект «Интеграция реки и озера», заключающийся в строительстве канала переброски части стока р. Хайлар в оз. Далайнор. Первая очередь проекта, реализованная в 2009 г., была рассчитана на переброску 0,6 км^3/год, а в 2014 г. пропускная способность тракта переброски достигла 1,1 км^3/год. Переброска стока позволила к 2016 г., по сообщению «Жэньминьжибао», увеличить объем воды в озере до 11,2 км^3. При этом следует отметить, что повышение уровня наблюдалось только в многоводные 2013–2015 гг., а в остальные годы весь объем переброски водных ресурсов расходовался на поддержание уровня озера, то есть – на испарение.

В связи с тем, что цели проекта не были достигнуты, в 2016 г. был принят более интенсивный «План комплексного управления проектом по водным ресурсам оз. Далайнор», предусматривающий мероприятия следующих направлений [4]:

1) восстановление земель, нарушенных выпасом скота;
2) восстановление водно-болотных угодий и их экосистем;
3) строительство водохозяйственных сооружений;
4) охрана окружающей среды;
5) развитие системы управления.

В соответствии с этим «Планом …» только за 2017 г. предполагалось реализовать 20 ключевых проектов на общую сумму 2,108 млрд юаней. Из-за того, что фактическое выполнение составило только 62,4 %, итоги реализация мероприятий были подвергнуты критике. В частности, отмечалось ухудшение качества воды озера (табл. 1).

Переброска стока, как и ожидалось [5, 6], крайне негативно отразилась на гидрологическом режиме р. Аргунь, а особенно – на начальном бесприточном отрезке ее пограничного участка протяженностью около 270 км (см. рис. 1). Здесь отмечаются проблемы забора воды, происходит деградация обширных водно-болотных угодий поймы реки, изменение состава флоры и фауны. В несколько меньшем масштабе негативные реакции прослеживаются и ниже по течению р. Аргунь.

На гидрологический режим р. Аргунь оказывает влияние не только переброска стока, но и другие антропогенные факторы:

а) регулирование стока некоторых притоков р. Хайлар;

б) развитие мелиорации с ежегодными темпами прироста орошаемой площади от 6 до 10 %;

в) изменение климата, проявляющееся в снижении количества осадков [7].

Табл. 1. Изменение содержания некоторых веществ в воде оз. Далайнор [4]

Вещество	Среднегодовая концентрация, мг/л		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
ХПК	64,6	70,2	72,8
Фосфор общий	0,122	0,106	0,127
Фториды	1,65	1,75	1,85

По данным спутниковой альтиметрии (рис. 4) нами рассчитано ежегодное изменение объема озера за период переброски стока (2009–2018 гг.) с использованием батиграфической зависимости из [8]. На рис. 5 представлены совмещенные графики изменения объема озера и годовых сумм осадков по метеостанциям Чженьян (г. Хайлар) и Алтан-Эмэл (южная оконечность озера). Они свидетельствуют о наличии корреляции между этими параметрами ($r = 0,69$ и $r = 0,67$), а без учета 2015 г., корреляция достигает значений $r = 89$ и $r = 0,78$. Это говорит о том, что определяющим фактором изменения уровня оз. Далайнор продолжают являться метеорологические параметры.

Значительное увеличение объема озера в 2015 г., на наш взгляд, вызвано инерционностью формирования притока. Особую роль здесь могут иметь:

а) оз. Буир, играющее роль водохранилища многолетнего регулирования в системе «р. Халхин-Гол – р. Оршун-Гол» (см. рис. 2);

б) обширные водно-болотные угодья в пределах водосборной площади оз. Далайнор.

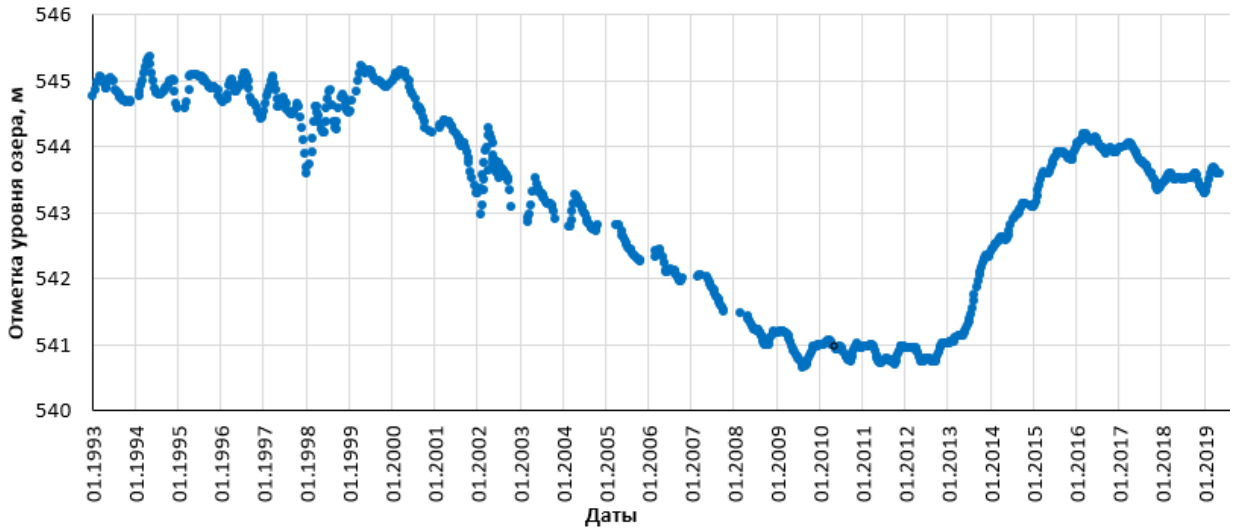


Рис. 4. Изменение уровня оз. Далайнор по результатам спутниковой альтиметрии (по данным [9]).

На рис. 6 представлены те же совмещенные графики, что и на рис. 5, но сглаженные двухлетним скользящим средним. Они подтверждают высказанную гипотезу, так как корреляция между двухлетним изменением объема озера и осадками за этот же период составляет 97 % (Чженьян) и 86 % (Алтан-Эмэл).

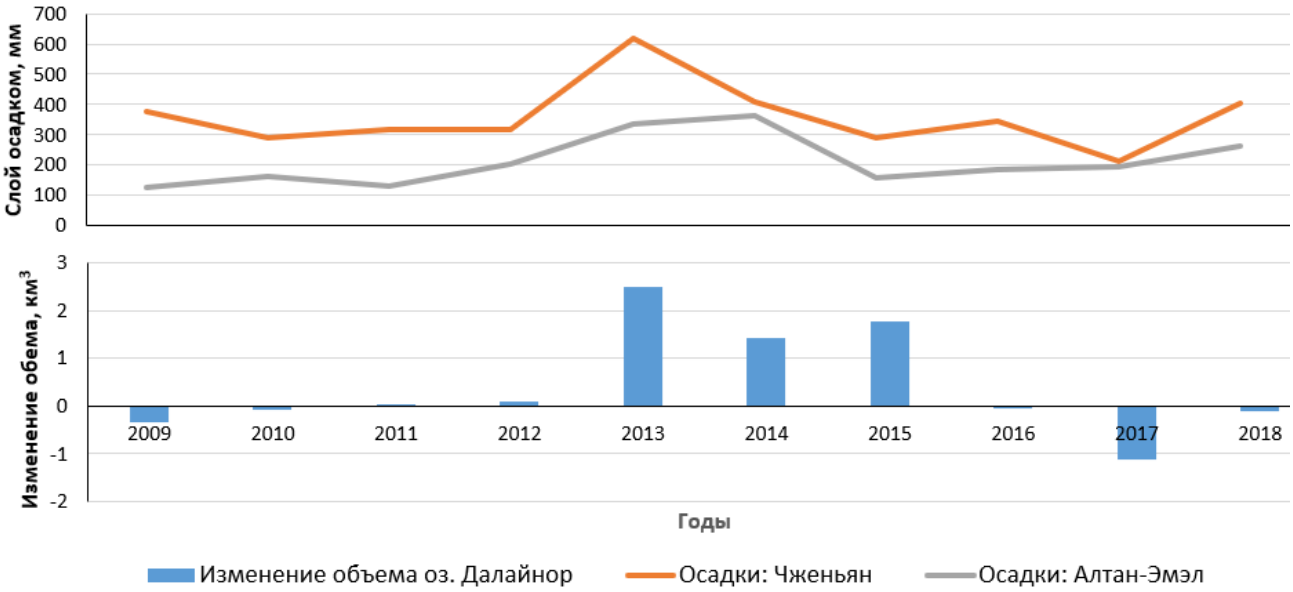


Рис. 5. Изменение объема оз. Далайнор и годовые суммы осадков по метеостанциям Чженьян и Алтан-Эмэл.



Рис. 6. Изменение объема оз. Далайнор и годовые суммы осадков по метеостанциям Чженьян и Алтан-Эмэл, сглаженные двухлетним скользящим средним.

Таким образом, определяющим фактором изменения объема оз. Далайнор по-прежнему является не переброска стока, а увлажненность его бассейна.

Оценка влияния водохозяйственных мероприятий на сток р. Аргунь осложнена тем, что китайская сторона не предоставляет никаких сведений, а на российских гидропостах не производятся измерения стока воды (табл. 2, рис. 7). На пограничном участке реки также имеются и гидропосты КНР, но и они являются уровенными.

Табл. 2. Гидрологические посты на р. Аргунь

Река – гидропост	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км^2	Период действия	Данные о стоке воды
р. Аргунь – г/п Молоканка	945	56100	с 2001 г.	–
р. Аргунь – с. Кути	705	62600	с 2003 г.	–
р. Аргунь – с. Новоцурухайтуй	603	96000	с 1904 г.	1951–1952, 1958
р. Аргунь – с. Олочи	425	106000	с 1899 г.	1959–1971



Рис. 7. Расположение российских гидропостов на пограничном участке р. Аргунь и китайского у г. Цаган: 0 – г. Цаган; 1 – г/п Молоканка; 2 – с. Кути; 3 – с. Новоцурухайтуй; 5 – с. Олочи.

В районе водозабора в канал переброски стока на р. Хайлар расположен гидрологический пост у г. Цаган, на котором производятся измерения расхода, но китайская сторона не предоставляет сведений о результатах наблюдений.

Ранее установлено, что за период совместных наблюдений (1959–1971 гг.) наблюдалась высокая синхронность рядов годового стока в створах у с. Олочи и г. Цаган (r = 0,97) с коэффициентом 0,56 [10]. Гидропост Молоканка расположен вблизи поста у г. Цаган, поэтому для него может быть принят такой же коэффициент. Однако использование уровенных данных по г/п Молоканка для оценки стока является проблематичным в связи с целым рядом объективных факторов. В связи с этим, нами выполнен анализ для гидропоста в с. Кути. Площадь водосборов по гидропостам Молоканка и Кути составляет около 10 %, но в связи сотсутствием постоянных притоков годовой сток в этих створах можно считать примерно одинаковым в маловодные и средние по водности годы.

Поэтому соотношение стока в с. Кути и с. Олочи для ненарушенных условий также может быть принято равным 0,56. Обозначив объем снижения стока через X, имеем

$$(W_к + X)/(W_о + X) = 0{,}56\ ,$$

где $W_к$ и $W_о$ – годовой сток р. Аргунь в створах с. Кути и с. Олочи соответственно.

В результате установлено, что суммарные потери стока р. Аргунь в створе с. Кути по сравнению с фоновым периодом (1959–1971 гг.) составляют в среднем 1,8 км^3 в год – более половины ее среднегодового стока. При этом следует ожидать дальнейшего возрастания уровня воздействия на сток в результате реализации следующих проектов:

а) завершения строительства ГЭС на р. Задун (приток р.Хайлар) с полезной емкостью водохранилища 0,63 км^3;

б) создания дамб вдоль тракта переброски стока, что позволит увеличить забор воды в канал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шаликовский А.В., Заслоновский В.Н., Курганович К.А., Босов М.А., Солодухин А.А., Шаликовский Д.А.* Современная ситуация на пограничном участке реки Аргунь // Водное хозяйство России. 2018. № 2. С. 4–18.
2. Озеро Хулун (четвертое по величине пресноводное озеро Китая) (кит.) // Энциклопедия Байду. URL: https://baike.baidu.com/item/呼伦湖/825655 (датаобращения: 13.05.2019).
3. *Cai Z., Jin T., Li C., Ofterdinger U., Zhang S., Ding A., Li J.* Is China's fifth-largest inland lake to dry-up? Incorporated hydrological and satellite-based methods for forecasting Hulun lake water levels // Advances in Water Resources. Vol. 94, 2016. Pp. 185–199.

4. Эффект от управления экологической средой озера Хулун не очевиден, ключевые проекты искусственно приостановлены (кит.) // ChinaNewsNetwork. 26.06.2018. URL: http://www.chinanews.com/gn/2018/06-26/8547140.shtml (дата обращения: 28.06.2018).
5. *Соколов А.В., Шаликовский А.В.* Механизмы совместного управления водными ресурсами в бассейне р. Аргунь для обеспечения гидроэкологической безопасности // Природоохранное сотрудничество Читинской области (Российская Федерация) и автономного района Внутренняя Монголия (КНР) в трансграничных экологических регионах. Чита: ЗабГГПУ. 2007. С. 287–292.
6. *Соколов А.В., Шаликовский А.В.* Трансграничные водохозяйственные проблемы верховьев реки Амур // Водное хозяйство России. 2007. № 4. С. 66–73.
7. *Обязов В.А.* Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в Даурском экорегионе // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. 2012. С. 24–45.
8. *Li C., Suna B., Jia K. et al.* Multi-band remote sensing based retrieval model and 3D analysis of water depth in Hulun Lake, China // Mathematical and Computer Modelling. Vol. 58. No. 3–4, 2013. Pp. 771–781.
9. Lake Hulun (0385) Height Variations from TOPEX/POSEIDON/Jason-1 and Jason-2/OSTM Altimetry [Электронныйресурс] // United States Department of Agri-culture. Foreign Agricultural Service: [сайт]. [2018]. URL: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir/gr_regional_chart.aspx?regionid=rs&reservoir_name=Hulun (дата обращения: 04.06.2019).
10. Оценка влияния изъятия части стока реки Аргунь на территории КНР на гидрологическое состояние российской части ее бассейна / Отчет о НИР. Чита: Читинский ЦГМС-Р. 2009. 54 с.

УДК 627.51:614.81

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ СИБИРСКИХ НАВОДНЕНИЙ В 2018-2019 ГОДАХ

Шаликовский А.В.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия
vostokniivh@mail.ru

Ключевые слова: наводнения, ущерб от наводнений, защита от наводнений, прогноз наводнений, границы затопления.

Охарактеризованы причины и последствия наводнения в 2018 г. в Забайкальском крае. Выявлены основные проблемы в области защиты от наводнений и сформулированы подходы к их решению.

CAUSES AND CONSEQUENCES OF THE SIBERIAN INUNDATIONS IN 2018-2019

Shalikovsky A.V.
RosNIIVKh Eastern branch, Chita, Russia
vostokniivh@mail.ru

Key words: floods, flood damage, flood protection, flood forecast, flood boundaries.

The article deals with causes and consequences of flooding in 2018 in the Trans-Baikal Kray. The main problems of flood protection are identified and approaches to their solution are formulated.

Во втором десятилетии XXI в. в России резко возросло число наводнений, что связано со следующими обстоятельствами:

а) в 1990 г. и первом десятилетии 2000 гг. на большинстве территорий, наиболее подверженных наводнениям, наблюдался маловодный период;

б) отсутствие контроля за использованием паводкоопасных территорий привело к их широкомасштабной застройке и, соответственно – росту потенциального ущерба;

в) широкое распространение и доступность современных информационных технологий привело к резкому возрастанию информации о наводнениях последних лет.

Все эти обстоятельства ярко проявились и в наводнение 2018 г. в Забайкальском крае.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ОСАДКОВ И НАВОДНЕНИЯ

На территории края с 1992 по 2017 г. преобладали маловодные годы. Например, в г. Чита за 27 лет только 5 раз отмечалось выпадение осадков больше годовой нормы (рис. 1). Этого времени хватило, чтобы у значительной части населения сформировалось представление об отсутствии какой-либо угрозы. Более того, некоторые блогеры в период паводков 2018 г. указывали на то, что в городе никогда не было наводнений. На самом деле серия наводнений 1988–1991 гг. имела гораздо более серьезные последствия – ущерб от них многократно превышает ущерб от наводнения 2018 г. в сопоставимых ценах (табл. 1).

Табл. 1. Последствия наводнений в Читинской области в 1988–1991 гг. [1, 2]

Год	Затоплено		Погибло скота, гол.		Разрушено мостов	Ущерб, млн руб.
	зданий	посевов, тыс. га	КРС и лошадей	МРС		
1988	2950	146	500	12370	107	105
1989	1696	106	586	12278	75	69
1990	2953	162	369	4086	44	446
1991	5755	103	276	2575	148	400-600



Рис. 1. Разностная интегральная кривая годовых сумм осадков по метеостанции г. Чита.

Среднегодовой ущерб от наводнений в Забайкальском крае за 1970–2017 гг. составляет ориентировочно от 2,0 до 3,0 млрд руб. в ценах 2018 г. (более точная оценка затруднительна, так как индексы-дефляторы могут быть определены ориентировочно [3, 4] в связи с различной структурой ущерба в разные годы). Таким образом, ущерб от наводнения 2018 г., предварительно оцениваемый в 1,0…1,5 млрд руб., оказался ниже среднемноголетнего.

ПРИЧИНЫ ЗНАЧИТЕЛЬНОГО УЩЕРБА ИМУЩЕСТВУ НАСЕЛЕНИЯ

В 2018 г. отмечался значительный ущерб жилищному фонду, несмотря на то что существующие защитные сооружения позволили избежать затопления территорий, наиболее пострадавших от прежних паводков. Это связано со следующими причинами.

Во-первых, значительное число пострадавших домов было построено за маловодный период в пределах ранее затапливаемых территорий. Это связано с отсутствием контроля за использованием паводкопасных территорий, а особенно – для целей индивидуального строительства. Недоумение вызывает строительство за это время многоквартирных домов в зоне затопления, представленной на генеральном плане г. Читы.

Во-вторых, часть пострадавших домов признавались непригодными для проживания после предыдущих наводнений, и жители получали новое жилье. Однако «утраченные» дома благополучно просуществовали до 2018 г. или были существенно перестроены.

В-третьих, негативную роль сыграл упрощенный порядок регистрации прав на объекты недвижимости («дачная амнистия»). В соответствии с ней, недвижимость, построенная на дачных участках, была массово зарегистрирована в качестве жилых домов. Данная проблема наиболее актуальна для г. Чита, где значительные территории дачных товариществ были включены в состав города. Такие участки в свое время выделялись в пойме р. Чита и подвержены периодическому затоплению.

ИНФОРМАЦИЯ О НАВОДНЕНИЯХ

Наводнение 2018 г. очень широко освещалось в средствах массовой информации. Это связано с распространением современных средств фиксации информации (фото- и видеокамер, беспилотных летательных аппаратов), обилием электронных СМИ, а также тем, что в центре наводнения находился краевой центр. В то же время реакция на наводнения, которые не затрагивают г. Чита, практически отсутствует. Например, после наводнения 2018 г. были опубликованы материалы, посвященные наводнениям 1990 и 1991 гг. Однако, наводнения, не захватывающие центральную часть края, отмечались многократно и после этих событий. Например, в 1998 г. экстремальные паводки наблюдались в бассейнах рек Онон и Нерча. Только в п. Дульдурга затоплению подвергалось 1524 жилых домов, многие

предприятия и учреждения. Даже в самые маловодные годы отмечались наводнения локального характера. Например, в Каларском районе пять раз за последние 15 лет производились эвакуации населения из-за затопления населенных пунктов. В 2012 г. от наводнений пострадали Чернышевский, Балейский и Сретенский районы, в 2013 г. – Тунгокоченский, Приаргунский и Нерчинско-Заводский районы.

Обилие информации создало впечатление о широком охвате наводнением территории Забайкальского края. На самом деле, в результате высокой неравномерности распределения июльских осадков (рис. 2) высокие паводки не сформировались на большинстве крупных реках края (Аргунь, Онон, Ингода, Чикой, Хилок и др.).

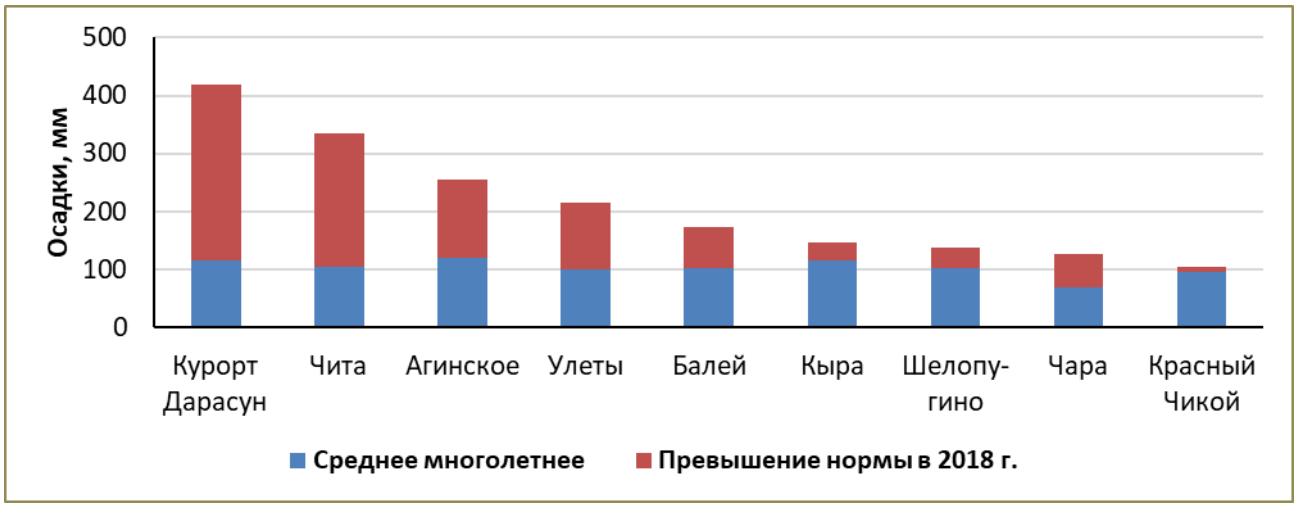


Рис. 2. Месячные суммы осадков в июле 2018 г.

Анализ информации о наводнении 2018 г. позволил сформулировать следующие выводы.

1. Наводнение 2018 г. носило катастрофический характер только в отдельных населенных пунктах Забайкальского края. В целом его последствия можно считать средними для периода повышенной водности.

2. Ущерб от наводнения 2018 г. недооценен, так как определялся, в основном, исходя из сумм выплаченных пособий, стоимости жилищных сертификатов и расходов на экстренные мероприятия в период наводнения. Такой подход не позволяет объективно оценить потери. Например, паводки в Амурской области в том же июле 2018 г. привели к повреждению 45 домов, но ущерб от наводнения был оценен в большую сумму, чем наводнение в Забайкальском крае.

3. Защитные дамбы, построенные в последние десятилетия в рамках программы защиты от наводнений [5], позволили снизить ущерб от наводнения 2018 г. на 2–3 млрд руб.

4. В Забайкальском крае достаточную заблаговременность могут иметь прогнозы паводков только на реках Шилка, Онон и в нижнем течении рек Ингода и Хилок. Проблема прогноза паводков на других реках обусловлена отсутствием наблюдений в удаленных и горных стокоформирующих районах. Поэтому актуальной задачей является размещение доплеровских метеорологических радиолокаторов, в первую очередь, – в г. Чите. Кроме этого, на малых реках края следует использовать автономные средства, сигнализирующие об изменении уровня воды.

5. Вероятно, что вклад в затопление отдельных территорий внесли аварии на сооружениях горнодобывающих предприятий. Гидротехнические сооружения объектов россыпной золотодобычи не подлежат декларированию. На наш взгляд, все объекты, ниже которых имеются населенные пункты, должны подлежать государственному надзору.

6. Для населенных пунктов края, для которых не установлены границы затопления, целесообразно рассмотреть вопрос о запрете капитального строительства в границах затопления 2018 г. [6] до построения границ зон затопления в установленном порядке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шаликовский А.В.* Предупреждение и снижение негативных последствий наводнений в верхней части бассейна реки Амур. Чита: ЧитГУ, 2009. 226 с.
2. *Шаликовский А.В., Курганович К.А.* Оценка опасности и риска хозяйственного использования речных пойм бассейна Верхнего и Среднего Амура // Вестник Читинского государственного университета. 2011. № 11 (78). С. 119-124.
3. *Шаликовский А.В.* Риск наводнений: методы оценки и картографирования // Водное хозяйство России. 2012. № 2. С. 68–78.
4. *Shalikovskiy A., Kurganovich K.* Flood hazard and risk assessment in Russia // Natural Hazards. 2017. Т. 88. № S1. P. 133–147.
5. *Заслоновский В.Н. и др*. Водные ресурсы Читинской области: реализация региональной водохозяйственной политики (1998-2003 гг.) / РосНИИВХ, ЧитГУ. Екатеринбург, 2003.105 с.
6. *Симонов Е.А., Никитина О.И., Осипов П.Е., Егидарев Е.Г., Шаликовский А.В.* Мы и амурские наводнения: невыученный урок? / под ред. А.В. Шаликовского. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2016. 216 с.

УДК 33.338

О НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Шевчук А.В.
Министерство экономического развития РФ,
Москва, Россия
shev.avas@rambler.ru

Ключевые слова: платежи за водопользование, водный налог, плата за пользование водными объектами, забор воды, договор на право пользования водным объектом, стимулирование, АЭС, ТЭС, ГЭС.

Предметом исследования является существующая система платежей за пользование водными объектами. Цель исследования – разработка предложений по совершенствованию действующей системы платного водопользования. Рассматриваются вопросы состояния системы платного водопользования в Российской Федерации, включая существующие проблемы, противоречия. Исследуется состояние вопроса по отдельным отраслям экономики – промышленность, энергетика, ЖКХ. Особое внимание уделяется энергетике, которая является одним из крупнейших водопотребителей. Оценивается возможность использования зарубежного опыта экономического регулирования водопользования в российской практике. Основные результаты исследования представлены в Минприроды России.

ON DIRECTIONS OF IMPROVING THE SYSTEM OF PAYMENTS FOR WATER RESOURCES USE

Shevchuk A.
Ministry of Economic Development of the Russian Federation,
Moscow, Russia
shev.avas@rambler.ru

Key words: payments for water use, water tax, payment for the use of water bodies, water abstraction, an agreement on the right to use a water body, incentives, nuclear power plants, thermal power plants, hydroelectric power stations.

The subject of the study is the existing system of payments for the use of water bodies. The aim of the study is to develop proposals for improving the current system of paid water use. The issues of the state of the paid water use system in the Russian Federation, including existing problems and contradictions, are considered. The state of the issue is studied for individual sectors of the economy - industry, energy, utilities. Particular attention is paid to energy, which is one of the largest water consumers. The possibility of using foreign experience in economic regulation of water use in Russian practice is assessed. The main results of the study are presented in the Ministry of Natural Resources of Russia.

ВВЕДЕНИЕ

Выполненное научное исследование вытекает из основных положений «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года и плана мероприятий по ее реализации», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.08.2009 № 1235-р и необходимости решения задач федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 19.04.2012 № 350 [1, 2].

Федеральный закон от 03.06.2006 № 73-ФЗ «О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации» (далее – Водный кодекс) упразднил действовавшее с 1995 г. лицензирование водопользования. С 2007 года водные объекты предоставляются в пользование по договору водопользования, заключаемому согласно нормам статей 12–16 Водного кодекса (то есть в рамках договорных, гражданских правоотношений регулируемых Гражданским кодексом Российской Федерации), или на основании решения о предоставлении такого объекта в пользование, принимаемого Правительством Российской Федерации, исполнительными органами государственной власти или органом местного управления. При этом договором водопользования должна предусматриваться неналоговая плата за пользование водными объектами, согласно ст. 20 Водного кодекса. Администрирование платы по водным объектам, находящимся в федеральной собственности, возложено на Федеральное агентство водных ресурсов (далее – Росводресурсы). Уровень ставок платы, расчет и взимание платы определен постановлениями Правительства Российской Федерации «О ставках платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» от 30.12.2006 № 876 и «Об утверждении Правил расчета и взимания платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» от 14.12.2006 №764 [4, 5].

Водный кодекс послужил основой для внесения дополнения в виде пункта 2 в статью 333.8 главы 25.2 «Водный налог» Налогового кодекса Российской Федерации. В соответствии с этим пунктом, плательщиками водного налога не являются организации и физические лица, осуществляющие водопользование на основании договоров или решений о предоставлении указанных объектов в пользование, заключенных и принятых после введения в действие Водного кодекса [6].

В остальном порядок исчисления и уплаты водного налога, а также представления налоговых деклараций по нему остается прежним. Таким образом, с 2007 г. в России одновременно взимаются два вида платежей за пользование водными объектами – водный налог и неналоговая плата. Причем при определенных условиях один и тот же водопользователь может уплачивать и водный налог, и неналоговую плату – только по разным водным объектам. Водный налог постепенно (пока не истекут сроки действия ранее выданных лицензий на водопользование) будет вытеснен неналоговой платой.

Действующая система начисления и получения платы за пользование водными объектами не покрывает затраты государства на содержание и развитие водного хозяйства и не выполняет в полной мере функцию регулирования рационального потребления воды. Годовая потребность в финансировании водохозяйственных и водоохранных мероприятий в Российской Федерации составляет порядка 50–60 млрд руб., затраты, необходимые на ликвидацию ущербов от негативного воздействия на водные ресурсы, оцениваются в объеме 120 млрд руб. ежегодно, а сбор средств от использования водных объектов составляет около 20 млрд руб. [7].

В этой связи требуется пересмотреть методологию расчета ставок и самих платежей за пользование водными объектами, исходя из сущности договорных отношений между государством и водопользователями, реальных возможностей федерального бюджета на обеспечение функционирования и развития водного хозяйства и водной ренты, которая образуется у предприятий-водопользователей различных секторов экономики страны в результате использования водных ресурсов.

В 2018–2019 гг. СОПС с привлечением специалистов из РАНХиГС, РосНИИВХ, ГУУ выполнил соответствующее исследование по данной проблеме. Научно обоснованные предложения по итогам НИР позволят решить ряд важных государственных задач: скорректировать действующую систему платежей за водопользование, стимулировать режим рационального использования воды, более точно определить стоимость водных ресурсов в структуре национальных счетов (СНС) и в системе эколого-экономического учета (СЭЭУ), что делает выполнение данного исследования весьма актуальным.

Цель всей НИР – разработка предложений по совершенствованию механизма платежей за пользование водными объектами и формированию современной системы платного водопользования.

Объект исследования – механизм расчета платежей за пользование поверхностными водными объектами в Российской Федерации.

Основные задачи всей работы:

- провести анализ нормативно-правовых документов, регламентирующих взимание платы за водопользование, установление льгот для отдельных категорий водопользователей;
- оценить последствия и возможные риски для различных секторов экономики, от совершенствования механизма платежей за пользование поверхностными водными объектами и в целом национальной безопасности страны;
- спрогнозировать социальные последствия в местах расположения предприятий отдельных отраслей при осуществлении корректировки системы платежей за пользование поверхностными водными объектами;
- разработать научно-обоснованные предложения по совершенствованию механизма платежей за пользование поверхностными водными объектами;
- подготовить научно-обоснованную концепцию по совершенствованию системы платежей за пользование поверхностными водными объектами предприятиями энергетики;
- разработать научно-обоснованные предложения по совершенствованию отдельных элементов механизма платежей за пользование поверхностными водными объектами предприятиями сельского хозяйства, водного транспорта, портовой инфраструктуры.

Целью исследований первого этапа является подготовка аналитического обзора нормативно-правовых документов, регламентирующих взимание платежей за водопользование, установление льгот для отдельных категорий водопользователей и необходимые изменения к ним, а также существующих проблем в сфере энергетики, связанных с применением прямоточных систем технического водоснабжения (или прямоточных схем водообеспечения).

Основные задачи исследований первого этапа:

- анализ нормативно-правовых документов, регламентирующих взимание платежей за водопользование, установление льгот для отдельных категорий водопользователей и необходимых изменений к ним;
- анализ существующих проблем в сфере энергетики, связанных с применением прямоточных систем технического водоснабжения.

Исходные данные для выполнения работы

Российское законодательство в сфере природопользования, водопользования и охраны окружающей среды, Поручение Председателя Правительства Российской Федерации Д.А. Медведева от 27.06.2018 №ДМ-П9-3762р. О совершенствовании платежей за пользование водными объектами [8], а также российские и зарубежные печатные и электронные издания в области платного водопользования, проведения расчетов ставок платы за пользование поверхностными водными объектами на бассейновом и федеральном уровнях и справочники (ИТС) наилучших доступных технологий (НДТ).

В результате выполнения первого этапа научно-исследовательской работы подготовлен отчет о НИР, содержащий:

1) Аналитический обзор нормативно-правовых документов, регламентирующих взимание платежей за пользование водными объектами, установление льгот для отдельных категорий водопользователей и необходимые изменения к ним, в том числе анализ:

- положений законодательных актов, директивных документов Правительства, отраслевых и региональных актов в сфере платежей за пользование водными объектами;
- практики взимания платежей и водного налога, за пользование водными объектами, включая отраслевой разрез (промышленность, энергетика, жилищно-коммунальное хозяйство (далее – ЖКХ);
- льгот и преференций для отдельных категорий водопользователей;

- расходования средств за пользование водными объектами;
- несовершенства и противоречий в сфере нормативно-правового обеспечения за пользование поверхностными водными объектами, включая нормы, регулирующие вопросы платного водопользования предприятиями энергетики, и рекомендации по совершенствованию нормативно-правового поля в сфере платного водопользования.

2) Аналитический обзор существующих проблем в сфере энергетики, связанных с применением прямоточных систем технического водоснабжения, в том числе анализ:

- изменения отдельных показателей энергоблоков;
- объемов водопотребления и сбросов загрязняющих веществ при изменении ставок платежей за водопользование;
- потерь конкурентных преимуществ ТЭС на оптовом рынке электрической энергии от неиспользования прямоточных систем технического водоснабжения;
- рынка инновационных проектов по переводу электростанций на смешанные системы технического водоснабжения;
- возможностей использования статуса вынужденной генерации на рынке энергии при регулируемом ценообразовании на энергию, производимую ГРЭС;
- основных проблем в сфере энергетики, связанных с применением прямоточных систем технического водоснабжения в условиях индексации ставок платы за водопользование [7].

Основное содержание работы

В работе представлен аналитический обзор о текущем состоянии, проблемах, особенностях механизма исчисления и взимания платежей за водопользование, льготах и преференциях для отдельных категорий водопользователей в Российской Федерации.

Дан анализ нормативно-правовых документов, регламентирующих взимание платежей за водопользование, установление льгот для отдельных категорий водопользователей и необходимых изменений к ним. Приведены результаты анализа положений законодательных актов, директивных документов Правительства Российской Федерации, отраслевых и региональных актов в сфере платежей за водопользование.

Определено, что действующий механизм платного водопользования оперирует двумя основными инструментами. Это водный налог и плата за пользование водными объектами. Водный налог был введен начиная с 2005 года с принятием Федерального закона от 28.07.2004 № 83-ФЗ «О внесении изменений в часть вторую Налогового кодекса Российской Федерации, изменения в статью 19 Закона Российской Федерации «Об основах налоговой системы в Российской Федерации», а также о признании утратившими силу отдельных законодательных актов Российской Федерации». [4,5,6]

Плата за пользование водными объектами, как было отмечено выше, введена Постановлением Правительства от 14.12.2006 N 764 «Об утверждении Правил расчета и взимания платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» [5].

На протяжении десяти лет ставки водного налога и платы за пользование водными объектами практически не индексировались, что повлекло снижение доходов федерального бюджета государства, а, следовательно, и снижение финансирования водохозяйственного комплекса страны. Негативно сказалось увеличение критического «разрыва» между регулирующим воздействием водных платежей и восприятием водопользователями их стимулирующей роли, что повлекло рост потребления водных ресурсов в отсутствие промышленного роста в стране.

Запоздавшая индексация ставок платежей за пользование водными ресурсами в 2014 г. темпами выше уровня инфляции повлекла в производственном секторе снижение рентабельности производства и необходимости увеличения цен на свою продукцию. Особенно осложнилась ситуация в энергетике, как основного плательщика в силу государственного регулирования рынка энергии, цен на энергию и мощность, а также сопутствующие услуги.

Проанализирована практика взимания водного налога и платежей за пользование водными объектами, включая по видам водопользования и платежей водопользователей в разрезе федеральных округов Российской Федерации.

В результатах исследования отмечено снижение доли водного налога в структуре платежей и увеличении доли платы за пользование водными объектами. Основную долю выплат в водном налоге в настоящий момент играют выплаты за забор подземных вод (до 96 %). За 2017 г. основная часть водного налога поступила в федеральный бюджет от водопользователей, расположенных в Центральном федеральном округе, на втором месте сумма водного налога от водопользователей, расположенных в Приволжском федеральном округе. Среди субъектов Российской Федерации в 2017 г. можно выделить водопользователей, уплачивающих водный налог, расположенных в Московской области, Краснодарском крае, Ханты-Мансийском автономном округе и Красноярском крае. Их доля составила в 2017 г. 30 % от суммарных поступлений водного налога по Российской Федерации [7].

Структура платежей за пользование водными объектами имеет такое же соотношение, но с акцентом на забор воды из поверхностных источников:

- за забор воды из поверхностных водных объектов – 80 %;
- за использование водных объектов без забора водных ресурсов для целей производства электрической энергии – 19,5 %;
- за использование акватории поверхностных водных объектов или их частей – 0,3 %;
- платежи при заключении договоров по результатам аукциона – 0,3 % [7].

За 2017 г. основная часть платежей за пользование водными объектами поступила в федеральный бюджет от водопользователей, расположенных в Сибирском федеральном округе, и составила 28 % от общей величины суммы платежей по стране, которая составила 4 300,4 млн руб. Доля платежей за пользование водными объектами от водопользователей, расположенных в Приволжском федеральном округе – 18 %, что составило в абсолютном выражении 2 782,4 млн руб. [7].

Основным плательщиком за водопользование является промышленность, из которой электроэнергетика в структуре платежей по стране перечисляет более 60 % и составляет в сумме более 10 млрд рублей при годовом потреблении водных ресурсов 25 млрд куб. м [7].

В структуре платежей по стране за водопользование предприятиями электроэнергетики их можно выразить в виде групп электростанций в зависимости от технологии производства электрической энергии: ГЭС – более 2 млрд руб., АЭС – почти 2 млрд руб., ТЭЦ около 1 млрд руб. и почти 6 млрд руб. приходится на ГРЭС и отдельные конденсационные энергоблоки с прямоточными системами технического водоснабжения. [7].

Изложены результаты анализа применения льгот (заниженных ставок платы) и преференций для отдельных категорий водопользователей.

Анализ льгот и преференций содержит описание видов льгот, имеющихся в законодательстве и оценку выпадающих доходов в абсолютном выражении от их применения. Так, льгота по пониженной ставке за водопользование для водоснабжения населения характеризуется общей суммой выпадающих доходов федерального бюджета ориентировочно в 2,5 млрд руб. [7].

Преференции по водному налогу и платежи за водопользование для сельскохозяйственных производителей характеризуются общей суммой выпадающих доходов федерального бюджета более 6 млрд руб. Сумма выпадающих доходов от не начисленного водного налога по учтенному забору шахтно-рудничных вод составит приблизительно 1,3 млрд руб. Выпадающие доходы бюджета от преференций водопользователям акваторий для рыболовства и охоты, откорректированные с учетом экономических условий, составят 0,04 млрд руб. [7].

Использование акватории водных объектов для плавания на судах, в том числе на маломерных плавательных средствах в расчетах с применением условных допущений, выражается суммой 60 млрд руб. выпадающих доходов бюджета [7].

Основную нагрузку от перекрестного субсидирования несет промышленность из-за низких ставок для предприятий ЖКХ и отдельных, не охваченных платежами за водопользование, видов деятельности.

В работе представлен анализ расходования средств от платного водопользования. Также проанализированы соотношения между поступлением средств от платного водопользования и расходами бюджета на содержание и развитие водного хозяйства в масштабах национальной экономики.

Ежегодная потребность страны в финансировании водохозяйственных и водоохранных мероприятий составляет порядка 50–60 млрд руб. Из приведенных цифр становится очевидным, что поступающие за водопользование суммы покрывают государственные расходы приблизительно на 60–70% и потребности на воспроизводство водохозяйственного комплекса на 30 %. Очевидно полагать, что по данной статье бюджета формируется устойчивый дефицит средств. Компенсация его происходит за счет других статей расходов бюджета, либо использования перекрестного субсидирования в ставках платы за водопользование [7].

Основной причиной сложившегося положения с финансированием стратегически важной сферы национальной экономики, такой как водное хозяйство, стало, в первую очередь, полное игнорирование инфляционных процессов на протяжении практически десятилетнего периода. Игнорирование привело к тому, что для учета только инфляционной составляющей потребовалось поэтапное индексирование ставок платежей в целях недопущения резкого роста тарифов и цен. По сути, наблюдается скрытое субсидирование во времени, и сложившаяся ситуация не способствует заинтересованности хозяйствующих субъектов в рациональном водопользовании. По имеющимся расчетам соответствующие выпадающие доходы бюджета составляли ежегодно от 9 до 21 млрд руб. [7].

Необходимо также учитывать, что инфляционные процессы обесценивают только ту часть ставок платежей, которая была обоснована на 2004 г. Между тем, с 2009 по 2015 гг. были разработаны и согласованы Схемы комплексного использования и охраны водных объектов основных бассейнов рек Российской Федерации, которые являются практической частью реализации Водной стратегии, принятой в 2009 г. Одной из основных проблем с которой столкнутся исполнители схем и программ мероприятий в них – это недостаток финансовых ресурсов на реализацию комплекса необходимых мер, предусмотренных для достижения целевых показателей. Прежде всего, недостаток ресурсов обусловлен низкими ставками платежей за водопользование и усугубление этой проблемы за счет роста инфляции. Кроме того, финансирование мероприятий за счет внебюджетных источников, в особенности за счет средств предприятий водопользователей невозможно по причине высокой стоимости самих мероприятий и высоких ставок привлечения кредитных денежных средств, а также слабо стимулирующих низких ставок платы за водопользование.

Так, перевод всех ТЭС и АЭС, использующих прямоточную систему технического водоснабжения, на водооборотную систему составит в текущих ценах более 109 млрд руб. при совокупном объеме платы предприятиями электроэнергетики с учетом индексации до 2025 года в сумме 127 млрд руб. [7].

Рассмотрены несовершенство и противоречия в сфере нормативно-правового обеспечения платного водопользования, относительно отдельных отраслей экономики, включая энергетику. Предложены рекомендации по совершенствованию нормативно-правового регулирования в сфере платного водопользования.

В отчете на примере ряда решений судебных органов отмечено несовершенство отдельных нормативных правовых актов в части установления обоснованной платежной базы для расчетов за водопользование с предприятиями некоторых отраслей.

В частности, одним из наиболее часто возникающих споров является определение объемов водопотребления для нужд населения. Зачастую предприятия выходят в суд с исками на уменьшении размера платы в связи с необходимостью исключения из общего объема забора (изъятия) водных ресурсов объема воды, предназначенной для нужд пожаротушения, а также расхода воды, связанного с ее потерями при передаче воды

субабонентам, и собственно водоснабжения населения из-за установленной пониженной ставки платы за водопользование для этих целей и групп водопользователей.

Кроме того, нерешенной проблемой вот уже на протяжении больше десяти лет остается отсутствие установленного Водным кодексом экономического стимулирования охраны водных объектов. В соответствии с подпунктом 15 статьи 3 Водного кодекса с 2006 г. установлено экономическое стимулирование охраны водных объектов, которое осуществляется следующим образом: при определении платы за пользование водными объектами учитываются расходы водопользователей на мероприятия по охране водных объектов, но для реализации данного положения до сих пор отсутствует методический нормативно-правовой акт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Индексация ставок платы за пользование водными ресурсами темпами выше инфляции, введенная с 2015 г. затрагивает интересы основных водопользователей. Особенно такая индексация ставок платы за водопользование увеличивает себестоимость продукции у промышленных предприятий. Статья затрат сметы по экономическим элементам «плата за воду» у отдельных предприятий в структуре себестоимости предприятия вырастает при индексации ставки за водопользование в 4,5 раза с 1 % до 10 %. ТЭС и АЭС как основные плательщики за водопользование вынуждены обращаться с предложениями в правительство и законодательные органы страны. Обращения предлагают внесение изменений в нормативно-правовые акты, регулирующие плату за водопользование. Консолидированные предложения, поступающие от объединений предприятий энергетики и Министерства энергетики Российской Федерации, а также от органов государственного управления регионами, сводятся к установлению пониженных ставок платы за водопользование для ТЭС и АЭС, использующих прямоточные системы водоснабжения, – 30 % от установленных или равными ставкам платы за водопользование предприятиями ЖКХ (ставки для предприятий ЖКХ в 3–5 раза ниже, чем для промышленности) [7].

Выпадающие доходы бюджета в случае принятия указанных выше предложений Минэнерго России в текущем году могут составить 8 млрд руб., а на период индексации до 2025 г., в сумме более 35 млрд руб. [7].

В случае сохранения текущего порядка расчетов платежей и ставок с учетом их индексации за водопользование собственники ТЭС и АЭС с прямоточными системами технического водоснабжения вынуждены будут осуществлять переход на водооборотную систему водоснабжения, в этом случае водопотребление (платежная база) снизится по итогам внедрения с 21,7 млрд куб. м до 4,2 млрд куб. м. Следовательно, по результатам технического перевооружения и реконструкции сократится общий объем платежей в бюджет, что потребует компенсации за счет водопользователей других видов деятельности [7].

Решение данной проблемы включает в себя как пересмотр действующей схемы платежей, возможно увеличение количества плательщиков, ликвидацию как перекрестного субсидирования, так и отдельных элементов механизма платного водопользования, разработку различных вариантов видов платы для целей производства электрической энергии для ТЭС и АЭС, использующих прямоточные системы водоснабжения.

Анализ нормативно-правовой базы, практики взимания платежей и водного налога, льгот и преференций для отдельных категорий водопользователей, а также расходования средств федерального бюджета на решение задач водного хозяйства показал нарастающее количество проблем и противоречий, накопившихся в сфере платного водопользования.

Предложения по совершенствованию механизма платного водопользования, планируемые к разработке на последующих этапах исследования должны включать:

- разработку порядка определения платежной базы и платы за водопользование;
- разработку методических вопросов расчета ставок платежей за водопользование;
- разработку предложений по ставкам платежей, рассчитанным с учетом потребностей водного хозяйства по бассейнам основных рек и морей;
- расширение перечня видов платного водопользования;
- обоснование льгот и преференций по платежам;

- разработку механизма стимулирования водопользователей на осуществление инвестиций в реконструкцию, модернизацию и новое строительство водоохранных и водохозяйственных фондов, совершенствование производственных технологий с целью повышения их энергоэффективности, включая вопросы эффективности использования водных ресурсов;
- сценарий внедрения концепции динамических платежей в платном водопользовании, позволяющей учесть при определении суммы платежа факт выполненных водопользователем водоохранных мероприятий, нацеленных на снижение водоемкости основного производства;
- проекты нормативно-правовых документов, направленных на совершенствование системы платного водопользования за пользование поверхностными водными объектами;
- обоснование социально-экономических последствий и возможных рисков от внедряемых предложений на различные сектора экономики, население, национальную безопасность и конкурентоспособность отечественной экономики.

Представлены рекомендации по совершенствованию нормативно-правового поля в сфере платного водопользования, рассмотрены такие возможные направления как расширение перечня видов платного водопользования, разработка механизма стимулирования рационального использования водных ресурсов, применение принципов экономической оценки ресурсного потенциала водных объектов при назначении ставок платежей за водопользование.

Дан анализ изменением показателей энергоблоков, которые приводят к изменению количества утилизации низко потенциальной тепловой энергии ТЭС с использованием водных ресурсов в конденсаторах энергоблоков при различных системах промышленного водообеспечения. Рассмотрены изменения объемов водопотребления и сбросов загрязняющих веществ при повышении ставок платежей за водопользование, в 4,5 раза к 2025 г., а также их возможные усовершенствованные варианты [7].

Исследованы возможные потери конкурентных преимуществ прямоточных систем технического водоснабжения ТЭС на оптовом рынке электрической энергии, которые вызваны, как следствие, ростом себестоимости производства электрической энергии и мощности из-за повышения ставок платы за пользование водными ресурсами, который приведет к потере экономической ценности активов обособленных подразделений (электростанций, отдельных энергоблоков) отдельными собственниками – основными плательщиками платы за водопользование: ООО «Газпром энергохолдинг», ПАО «Интер – РАО» и ОАО «Государственный концерн Росэнергоатом».

Представлен рынок инновационных проектов по переводу электростанций на смешанные системы технического водоснабжения для оценки возможности реконструкции и техперевооружения прямоточных систем водообеспечения, а также оценки их стоимости и возможностей собственников электростанций в состоятельности и наличии механизмов возврата вложенных средств.

Оценены возможности использования статуса вынужденной генерации на рынке энергии при ценообразовании на энергию и мощность ГРЭС, что предполагает вывод электростанций с прямоточными системами водоснабжения с конкурентного рынка электрической энергии и мощности и формирует тарифы на электрическую энергию и мощность ГРЭС посредством государственного регулирования для покрытия себестоимости производства энергии и мощности;

Освещены основные проблемы в сфере энергетики, связанные с применением прямоточных систем технического водоснабжения, и варианты изменений ставок и системы расчетов, включающих индексацию ставок платы за водопользование, установленных Правительством Российской Федерации, при оценке проведения технического перевооружения и реконструкции систем водообеспечения электростанций, с целью сокращения потребления водных ресурсов.

Результаты работы: в процессе исследования получены научно-аналитические и информационные материалы, в которых представлен анализ [7]:

– положений законодательных актов, директивных документов Правительства, отраслевых и региональных актов в сфере платежей за водопользование;
– практики взимания платежей и водного налога, включая отраслевой разрез;
– льгот и преференций для отдельных категорий водопользователей;
– расходования средств от платного водопользования;
– проблем и противоречий в сфере нормативно-правового обеспечения платного водопользования.

Предложены рекомендации по совершенствованию нормативно-правового поля в сфере платного водопользования.

Анализу подвергнуты все нормативно-правовые акты, которые могли бы влиять на изменение стоимости платы за пользование водными ресурсами и формировании доходов федерального бюджета. Исследованы решения судебных споров между хозяйствующими субъектами и государственными органами власти по вопросам правильности толкования и соответствия федеральному законодательству по вопросам формирования стоимости оплаты водных ресурсов. Дана юридическая экспертиза проектам нормативно-правовых актов, которые подготовлены отдельными хозяйствующими субъектами, общественными объединениями, а также федеральными органами исполнительной власти с предложениями о внесении изменений в федеральное законодательство и нормативно-правовые акты правительства страны. Они касаются перераспределения финансовой нагрузки между группами водопользователей и ставками за водопользование, а также снятия запрета на использование прямоточных систем водообеспечения при проектировании сооружений.

Рассмотрены действующие и связанные с оплатой пользования водными ресурсами нормативно-правовые акты, а также проекты нормативно-правовых актов:

Предложен проект изменений в Водный кодекс по отмене ограничений на строительство прямоточных систем;

Приведен проект Постановления Правительства Российской Федерации подготовленный Минэнерго России о применении индекса 0,3 для ТЭС и АЭС с прямоточными системами, дополняющий пункт 1 ставок платы за пользование водными объектами, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 26.12.2014 № 1509 «О ставках платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности, и внесении изменений в раздел I ставок платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности».

Проведен анализ экономических проблем в энергетике, вызванных:

– ростом отдельных показателей энергоблоков, которые влияют на количество утилизации низкопотенциальной тепловой энергии, отводимой из конденсаторов;
– изменением объемов водопотребления и сбросов загрязняющих веществ при повышении ставок платежей за водопользование, в 4,5 раза к 2025 г., а также их влиянием на себестоимость продукции предприятий;
– возможными потерями конкурентных преимуществ энергоблоков, использующих прямоточные системы технического водоснабжения на оптовом рынке электрической энергии, которые вызваны, как следствие, ростом себестоимости производства электрической энергии и мощности;
– наличием рынка инновационных проектов по переводу электростанций на смешанные системы технического водоснабжения для оценки возможности реконструкции и технического перевооружения прямоточных систем водообеспечения, а также оценки их стоимости и финансовых возможностей собственников электростанций, наличия механизмов возврата вложенных средств;
– возможностями использования статуса вынужденной генерации на рынке энергии при ценообразовании на электрическую энергию и мощность ГРЭС, что предполагает формирование тарифов на электрическую энергию и мощность через государственное регулирование для покрытия производственной себестоимости

электростанции и вывод электростанций с прямоточным водообеспечением с конкурентного рынка электрической энергии и мощности;
- основными рисками сохранения действующей системы платежей для предприятий электроэнергетики, связанными с дальнейшим применением прямоточных систем технического водоснабжения и переходом на водооборотные системы водоснабжения.

Методологическую основу работы составляют прикладные исследования отечественных и зарубежных ученых в сфере установления обоснованных платежей за водопользование, отраженные в монографиях, публикациях периодической печати, материалах научно-практических конференций. Работа проводилась путем сбора, систематизации и анализа нормативно-правовой базы, включая федеральные законы, постановления и распоряжения Правительства Российской Федерации, другие нормативно-правовые акты федеральных и региональных органов законодательной и исполнительной власти, арбитражной практики, а также статистической социально-экономической информации и данных о водопользовании.

Для достижения поставленной цели, решения задач и получения основных результатов исследование проводится на основе системного подхода с использованием методов морфологического, исторического и статистического, экономического анализов, применяются методы классификации, сравнения, аналогии, наблюдения и описания.

Новизна полученных результатов работ заключается в обосновании комплекса теоретико-методических положений, направленных на развитие экономического механизма платного водопользования, включающего в своей структуре не только платежи, но и стимулирующие меры, направленные на активизацию инвестиционной деятельности водопользователей в сфере охраны и рационального использования водных объектов, в том числе:

- впервые за последние двадцать лет в комплексе исследован вопрос о совершенствовании системы платежей за пользование водными объектами и системно рассмотрено состояние законодательного и нормативно-методического обеспечения платного водопользования;
- исследована современная практика взимания платежей и водного налога, включая отраслевой разрез, представлен анализ льгот и преференций для отдельных категорий водопользователей, а также дан анализ расходования средств от платного водопользования;
- подготовлены и представлены предложения о необходимости расширения видов платного водопользования;
- осуществлен анализ существующих современных проблем в сфере энергетики, связанных с применением прямоточных систем технического водоснабжения, включая изменение системы и подходов измерения для формирования базы платежей;
- проведен анализ потерь конкурентных преимуществ прямоточных систем технического водоснабжения ТЭС на оптовом рынке электрической энергии, а также рынка инновационных проектов по переводу электростанций на смешанные или водооборотные системы технического водоснабжения;
- исследованы возможности использования статуса вынужденной генерации на рынке энергии при ценообразовании ГРЭС;
- подготовлены предложения по решению существующих проблем в сфере водопользования для энергетики, в том числе на основе концепции динамических платежей как мера, стимулирующая отдельные категории водопользователей к проведению водоохранных и водохозяйственных мероприятий.

Новизна результатов исследования первого этапа заключается также в рассмотрении не только формальных видов водопользования, но и возможностей вовлечения новых водопользователей в круг оплачиваемых видов использования водных объектов. Разработка предложений по совершенствованию механизма платежей за пользование поверхностными водными объектами акцентирована также на оптимизацию экономических отношений государства и хозяйствующих субъектов отдельных отраслей с целью упорядочения

расходов на водоохранную и водохозяйственную деятельность. Такой подход способствует достижению стратегических целей, состоящих в повышении рациональности использования водных ресурсов, сокращении негативного воздействия на водные объекты, обеспечению расширенного воспроизводства основных водохозяйственных фондов на основе стратегических принципов «зеленого» роста и внедрения НДТ и, в конечном итоге, к повышению национального богатства.

Сформулирован ряд важных выводов, представлены рекомендации и предложения по различным направлениям развития механизма платного водопользования.

ВЫВОДЫ

Подтверждено несовершенство формирования базы платежей, а также размеров ставок для предприятий водопользователей различных видов деятельности.

Дана оценка действиям и рискам от применения действующей системы расчётов за водопользование до 2025 г. для предприятий электроэнергетики и федерального бюджета.

Сделаны предложения относительно направлений совершенствования системы платежей за пользование водными объектами с учетом специфики функционирования предприятий энергетики.

Основные направления совершенствования платного водопользования связаны с внесением в Водный кодекс и постановления Правительства Российской Федерации поправок в части:

- расширения перечня целей водопользования на платной основе;
- учета стоимостной оценки водных ресурсов как основы формирования платы за пользование водными ресурсами;
- обеспечения целевого накопления и использования платежей за пользование водными объектами (создание водных фондов);
- предоставления возможности предприятиям-водопользователям при внедрении НДТ зачета капительных затрат в счет платежей за пользование водными объектами (по факту выполнения и под соответствующую норму в договоре на водопользование);
- изменения системы платежей – переход на динамические платежи, стимулирующие реконструкцию и техническое перевооружение объектов водопользования.

Степень внедрения

Результаты работы первого этапа предназначены для формирования предложений по совершенствованию экономического механизма платного водопользования, включающего в своей структуре не только платежи, но и стимулирующие меры, направленные на активизацию инвестиционной деятельности водопользователей.

Результаты работ данного этапа исследования будут использованы при разработке предложений по совершенствованию механизма платежей за пользование поверхностными водными объектами отдельными отраслями экономики Российской Федерации.

Область применения

Результаты НИР будут использованы специалистами Минприроды России, Росводресурсов, Бассейновых водных управлений, работниками администраций субъектов Российской Федерации при расчете поступлений в федеральный бюджет платежей за пользование водными объектами, корректировке водохозяйственных и водоохранных программ и мероприятий, при разработке Схем комплексного использования и охраны водных объектов и территориальных схем планирования, а также при рассмотрении вопросов размещения новых объектов водопользователей различных отраслей экономики. Могут быть использованы водопользователями при формировании ведомственных и корпоративных планов, программ, затрагивающих вопросы использования и охраны водных объектов.

Экономическая эффективность или значимость

Работа обеспечивает реализацию направлений №7 «Методическое обеспечение внедрения экономических механизмов стимулирования рационального водопользования, базирующихся на применении принципов наилучших существующих технологий, современных национальных стандартов и сводах правил в сфере водного хозяйства» и №8 «Разработка предложений по формированию водного рынка» из перечня «Научные исследования и экспериментальные разработки, выполняемые по договорам на проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ» Приложение 3 п. 1 к ФЦП «Развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 гг.».

Работа по совершенствованию системы платежей за пользование водными объектами имеет высокую востребованность. Необходимо дальнейшая детализация подготовленных предложений на уровне отдельных отраслей экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.08.2009 № 1235-р).
2. Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 19.04.2012 № 350).
3. Федеральный закон от 03.06.2006 № 73-ФЗ «О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации».
4. Постановление Правительства Российской Федерации «О ставках платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» от 30.12.2006 №876
5. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил расчета и взимания платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» от 14.12.2006 №764.
6. Налоговый кодекс Российской Федерации, глава 25.2 «Водный налог» (введена Федеральным законом от 28.07.2004 N 83-ФЗ).
7. Отчет о НИР «Разработать научно-обоснованные предложения по совершенствованию механизма платежей за пользование поверхностными водными объектами отдельными отраслями экономики Российской Федерации» по теме: «Подготовить аналитический обзор о текущем состоянии, проблемах, особенностях механизма исчисления и взимания платежей за водопользование, льготах и преференциях для отдельных категорий водопользователей в Российской Федерации» (промежуточный, этап 1). М.: ВАВТ Минэкономразвития России, 2018 г., 133 с.
8. Поручение Председателя Правительства Российской Федерации Д.А. Медведева от 27.06.2018 №ДМ-П9-3762р. О совершенствовании платежей за пользование водными объектами.

УДК 551.58

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ОПАСНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА УРАЛЕ

Шепоренко Г.А.
ФГБУ «Уральское УГМС», г. Екатеринбург, Россия
sinoptic4@svgimet.ru

Ключевые слова: средняя годовая температура, климатические изменения, потепление климата.

Проанализирована информационная база осадков и температуры ряда метеостанций ФГБУ «Уральское УГМС» за период с 1960 по 2018 год, выявлен тренд происходящих изменений средних годовых значений температуры и осадков, рассмотрены вариации теплого и холодного периодов: апрель-октябрь, ноябрь-март.

CLIMATE CHANGE AND HAZARDOUS METEOROLOGICAL PHENOMENA IN THE URALS

Sheporenko G.A.
Ural Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Ekaterinburg, Russia
sinoptic4@svgimet.ru

Key words; average annual temperature, climate change, climate warming.

The article analyzes the "Ural UGMS" meteorological stations' information base concerning precipitation and temperature for the 1960-2018 period. A trend of the current changes of the temperature and precipitation average annual changes have been found. The variations of warm and cold periods (April-October, November-March) have been considered.

Построенные графики хода температуры в течение последних 59-ти лет подтверждают процесс потепления климата. Приводятся выводы, полученные при анализе наблюдений метеостанций Ивдель, Камышлов, Кунгур, Карталы, Макушино.

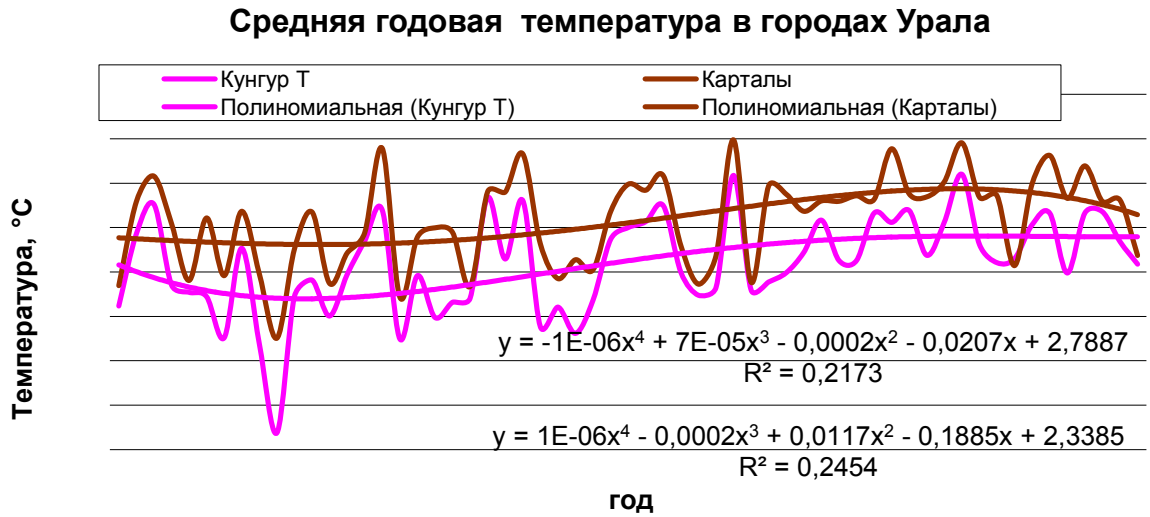


Рис. 1. Изменение средней годовой температуры воздуха (Кунгур, Карталы).

Повышение средней годовой температуры составляет около 1,5°, изменчивость средней температуры теплого периода (апрель-октябрь) и холодного периода (ноябрь-март) отличается незначительно. На протяжении десятилетия (середина шестидесятых – середина семидесятых годов прошлого века) имел место небольшой отрицательный тренд, этот период был холоднее других десятилетий.

С середины семидесятых годов до 2005–2008 года температура воздуха заметно повышалась, но в последнем десятилетии на фоне имеющихся ежегодных ее колебаний явного тренда к повышению не проявляется (рис. 1).

Однако стоит отметить, что в этот период случались крупные температурные аномалии: жаркое лето 2010, 2012, 2016 (рекорд) годов, крепкие зимние морозы 2006, 2009, 2010, 2011, 2016 гг., обусловленные особенностями циркуляции атмосферы: длительными процессами блокирования широтного переноса воздушных масс и арктическими вторжениями.

Количество выпадающих осадков за рассматриваемый период увеличилось в среднем на 7–10 %. Рост произошел, главным образом, за счет осадков холодного периода (ноябрь-март), в виде снега осадков стало выпадать на 15–20 % больше. Сумма осадков теплого периода (апрель–октябрь), выпадающих преимущественно в виде дождя, в Камышлове, Макушино, Карталах, Ивделе почти не увеличилась, лишь в Кунгуре (предгорный район Пермского края) повысилась на 10 %.

Происходит некоторое возрастание засушливости в Зауральских территориях. Для двух пунктов, расположенных на крайнем севере Свердловской области (Ивдель) и на юге Челябинской области (Карталы), был рассчитан индекс засушливости Педя (Si), учитывающий среднюю месячную аномалию температуры, осадков и их среднеквадратическое отклонение. Анализ показал, что произошедшее в последние 59 лет повышение температуры в летний период не компенсируется достаточным количеством осадков, индекс Si повышается как в Ивделе, так и в Карталах (рис. 2).

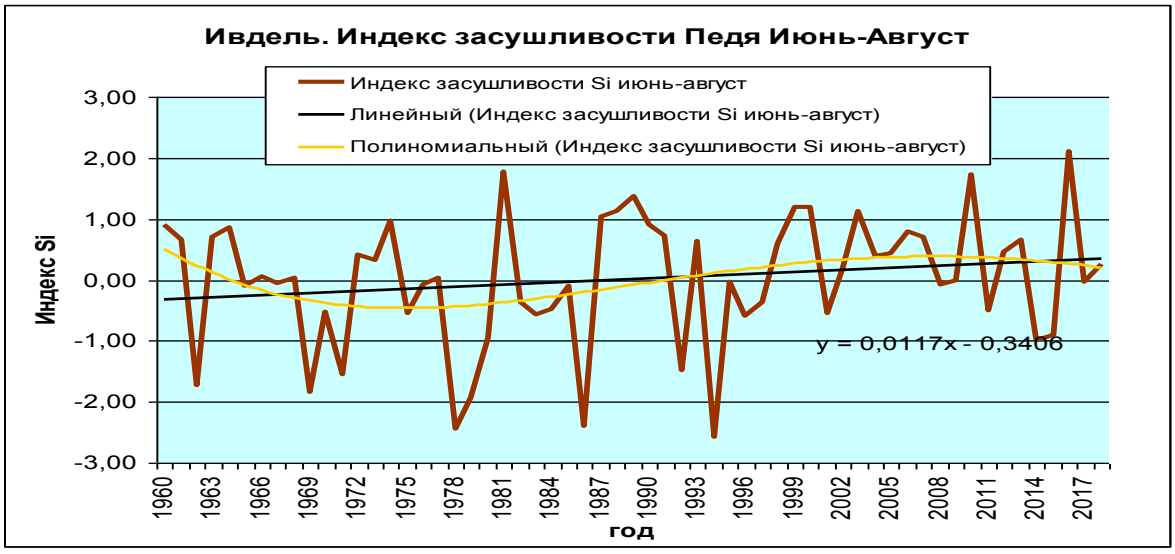


Рис. 2. Индекс засушливости Педя июнь-август (Ивдель).

Метеорологические явления, входящие в Перечень опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) на территории деятельности ФГБУ «Уральское УГМС» (http://svgimet.ru/?page_id=812), могут серьезно осложнять хозяйственную деятельность, представлять угрозу безопасности жизни и деятельности населения. В аналитических материалах Росгидромета и подведомственных НИУ регулярно отмечается рост числа опасных природных явлений при потеплении климата. Для анализа были использованы сведения об опасных метеорологических явлениях всех пунктов наблюдательной сети, размещенные в Метеорологических ежемесячниках ФГБУ «Уральское УГМС» за период 2001–2017 годы.

В число таких явлений, в частности, вошли: сильный мороз, сильная жара, очень сильный снегопад, очень сильный дождь (сильный ливень), крупный град, очень сильный ветер (в т.ч. шквал), сильный туман, сильная метель, сильное гололедно-изморозевое отложение.

Количество ОЯ на Урале в рассматриваемый период имеет тенденцию к росту (рис. 3). На всех наблюдательных метеорологических пунктах Уральского УГГМС за 17 лет текущего столетия было отмечено 1637 ОЯ. Пик случаев опасных метеорологических явлений в 2009 и 2010 гг. связан с большим числом морозных дней в декабре 2009 и январе 2010 гг.

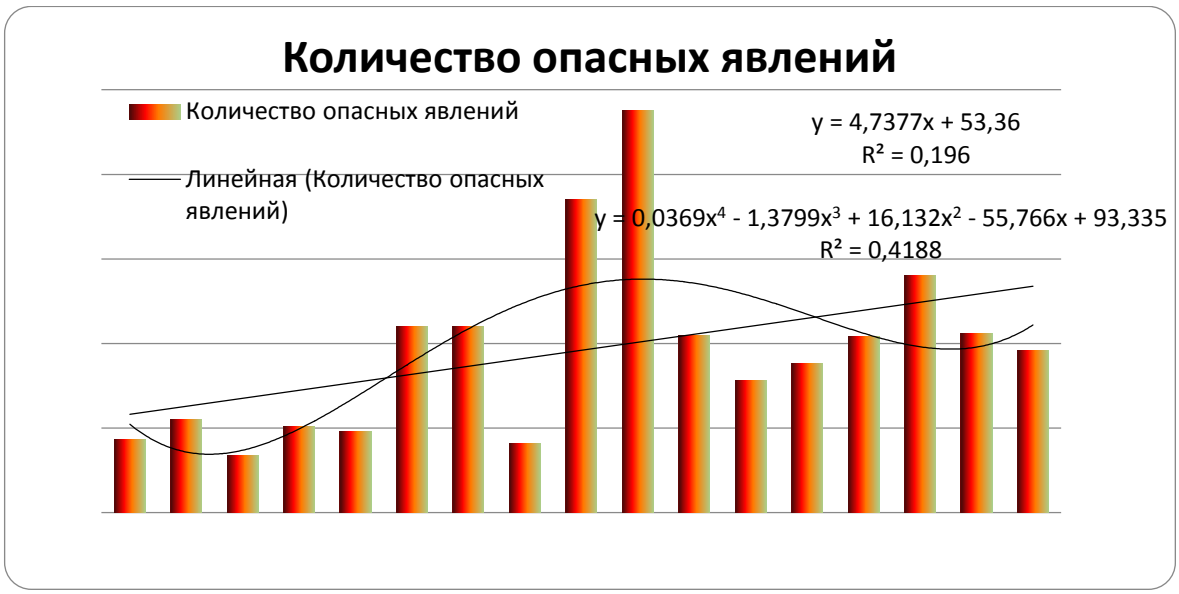


Рис. 3. Количество ОЯ на Урале, отмеченных пунктами государственной наблюдений сети.

В структуре видов явлений выделяются морозы (626 случаев) и дожди (467 случаев). Как было отмечено выше, общее количество осадков в виде дождя не повышается (или повышается очень незначительно), но вместе с тем, количество случаев очень сильных дождей возросло с 17 до 35 (согласно линейному тренду), что может быть связано с повышенной неустойчивостью атмосферы и активностью конвективных процессов в условиях теплеющего климата. На рис. 4 также показаны случаи очень сильных снегопадов, число которых практически мало меняется.



Рис. 4. Количество случаев очень сильных дождей и снегопадов на Урале.

Распределение ОЯ на подведомственной Уральскому УГМС территории происходит неравномерно: больше опасных явлений возникает в Свердловской области, меньше всего – в Курганской области, что связано с площадью территорий, количеством наблюдательных пунктов, с природной повторяемостью (рис. 5).



Рис. 5. Распределение количества опасных явлений по регионам.

ВЫВОДЫ

- Повышение температуры воздуха на Урале за последние 59 лет составило около 1,5°. В последние 10 лет тенденция роста температуры значительно снизилась.
- Увеличение общего количества осадков на 7–10 % происходит в основном за счет осадков холодного периода (ноябрь–март). В летний период отмечается рост индекса засушливости Педя как в южной степной зоне, так и на крайнем севере Свердловской области.
- В период 2001–2017 гг. количество опасных метеорологических явлений увеличилось во многом за счет сильных зимних морозов (2009, 2010, 2011, 2016 гг.) и роста числа случаев очень сильных дождей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метеорологический ежемесячник. Изд-е ФГБУ «Уральское УГМС», 2001–2017 гг.

Тищенко В.А., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Повторяемость засушливых периодов в Москве в теплое полугодие. Гидрометцентр России.

УДК 504.062

РЕАЛИЗАЦИЯ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «СОХРАНЕНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ» В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ» (НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Янчева Е.С.
Нижне-Обское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов, г. Тюмень, Россия
yancheva_elena@mail.ru

Ключевые слова: водопользование, национальный проект, федеральный проект, государственная программа.

В статье кратко рассматриваются основные направления реализации Водной стратегии Российской Федерации до 2020 года и утвержденного в рамках Стратегии национального проекта «Экология», приведен пример реализации на территории Тюменской области регионального проекта «Сохранение уникальных водных объектов» в рамках национального проекта «Экология».

REALIZATION OF THE FEDERAL PROJECT «PRESERVATION OF UNIQUE WATER OBJECTS» IN THE FRAMEWORK OF THE NATIONAL PROJECT «ECOLOGY» (ON THE EXAMPLE OF TYUMEN REGION)

Yancheva E.S.
Lower Ob Basin Water Administration of Federal Agency for Water Resources, Tyumen, Russia
yancheva_elena@mail.ru

Key words: water use, national project, Federal project, state program.

The article briefly discusses the main directions of implementation of the Water strategy of the Russian Federation until 2020 and the national project "Ecology" approved in the framework of the Strategy, an example of the implementation of the regional project "Preservation of unique water bodies" in the Tyumen region within the framework of the national project "Ecology"is given.

Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации является одним из ключевых факторов обеспечения экономического благополучия и социальной стабильности, национальной безопасности страны и реализации конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду [1].

Существенной проблемой в сфере водопользования в Российской Федерации является нерациональное использование водных ресурсов на нужды населения и экономики, что приводит к ухудшению качества природных вод. Наиболее острая проблема сохранения водных ресурсов – в центральных и южных регионах Европейской части России, особенно в речных бассейнах Волги, Дона, Кубани, Терека. Приоритетным решением данной проблемы является оптимизация водопользования в целом с применением научно обоснованных подходов и методов, регулярный мониторинг состояния водных объектов, реализация федеральных и региональных проектов, направленных на сохранение и восстановление уникальных свойств водных объектов.

Основные направления деятельности по развитию водохозяйственного комплекса России, обеспечивающего устойчивое водопользование, охрану водных объектов, защиту от негативного воздействия вод, а также по формированию и реализации конкурентных преимуществ Российской Федерации в водоресурсной сфере закреплены в Водной стратегии Российской Федерации до 2020 года [1] (далее – Стратегия).

Стратегия разработана в целях водоресурсного обеспечения реализации Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [2].

Для решения ключевых проблем определены такие направления реализации Стратегии, как гарантированное обеспечение водными ресурсами населения и отраслей экономики; охрана и восстановление водных объектов и обеспечение защищённости от негативного воздействия вод; совершенствование государственного управления; развитие системы государственного мониторинга водных объектов; обеспечение инновационного развития научно-технической и технологической базы и развитие кадрового потенциала водохозяйственного комплекса.

Реализация задач Стратегии требует развития научно-технической и технологической базы водохозяйственного комплекса на основе передовых мировых достижений и технологий. Необходимы исследования в области разработки принципов и механизмов комплексного подхода к управлению использованием и охраной водных объектов, а также методов и моделей долгосрочного прогнозирования.

В рамках Стратегии утвержден масштабный национальный проект «Экология», рассчитанный на период с 2019 по 2024 годы, который включает в себя одиннадцать федеральных проектов, среди которых федеральный проект «Сохранение уникальных водных объектов», направленный на восстановление и экологическую реабилитацию водных объектов, улучшение экологического состояния озёр и водохранилищ (ликвидация мелководий, расчистка устьевых баров, очистка акваторий от плавающего мусора), улучшение экологического состояния гидрографической сети, очистку от мусора берегов и прилегающих акваторий.

Реализация федерального проекта «Сохранение уникальных водных объектов» позволит улучшить экологическую обстановку и создать комфортные условия проживания для населения за счет улучшения состояния водных экосистем. Что, в свою очередь, способствует достижению национальных целей - повышение ожидаемой продолжительности жизни населения. Наиболее значимыми для общества результатами реализации федерального проекта являются [3]:

– создание новых и восстановление существующих рекреационных зон (места отдыха для населения и туризма - пляжи, лесопарковые зоны и т.д.) на уникальных водных объектах в том числе на озерах Байкал, Телецкое, Ладожское, Онежское и реках Волга, Дон, Обь, Енисей, Амур, Урал, Печора;

– формирование в сознании различных возрастных групп населения основных принципов бережного отношения к водным объектам, как к уникальным, жизненно важным ресурсам для населения страны в целом.

Тюменская область располагается в бассейнах таких крупных рек как Иртыш, Тобол, Тура, Пышма и Ишим. Кроме них речную сеть области формируют порядка 5100 малых рек и ручьев. Здесь насчитывается свыше 540 озер площадью более 1 га, из них 10 – площадью более 2500 га. Поверхностные водные ресурсы в целом достаточно велики, их объем по величине среднемноголетнего объема стока оценивается в 80 км^3. Основная часть стока поступает с сопредельных территорий с водами транзитных рек Иртыш, Тобол, Тура, Пышма и Ишим. В связи с неравномерным распределением поверхностного стока некоторые районы области находятся в зоне недостаточной водообеспеченности. Так в бессточной зоне расположены Армизонский, Бердюжский и Сладковский районы, в которых источником водоснабжения служат озера. Кроме того, ресурсы поверхностных вод изменчивы из-за смены циклов маловодных и многоводных лет [4].

В Тюменской области значительное внимание уделяется решению вопросов по охране водных объектов. В целях сокращения их загрязнения реализуются мероприятия по строительству и реконструкции объектов канализации, включая канализационные очистные сооружения, для обеспечения нормативной очистки стоков; по расчистке водных объектов от загрязненных донных отложений, установлению границ водоохранных зон, в том числе их закреплению на местности специальными информационными знаками.

На территории Тюменской области действует государственная программа «Недропользование и охрана окружающей среды», в рамках которой реализуется подпрограмма 2 «Развитие водохозяйственного комплекса Тюменской области» (далее – подпрограмма 2) [4].

Подпрограмма 2 разработана в соответствии с федеральной целевой программой «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах», Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Тюменской области до 2020 года и на перспективу до 2030 года и закрепленными полномочиями.

В соответствии с вышеуказанной подпрограммой 2 на территории Тюменской области в период с 2019 по 2025 годы запланирована реализация регионального проекта «Сохранение уникальных водных объектов» в рамках национального проекта «Экология». Источниками финансирования мероприятий подпрограммы 2 являются средства федерального и областного бюджетов.

Так, одним из мероприятий является расчистка озера Алебашево в городе Тюмень (срок завершения работ до 2021 года). Озеро Алебашево - один из самых крупных водоемов города Тюмени, который ранее активно использовался жителями для отдыха, но в последние годы по причине засорения, заиления и зарастания водной растительностью заброшен. Департаментом недропользования и экологии Тюменской области было предложено Федеральному агентству водных ресурсов профинансировать работы по экологической реабилитации озера за счет средств федерального бюджета, средства на эти цели были выделены. Разработанный в 2017 году проект предусматривает расчистку озера от мусора, растительности и донных отложений.

Реализация данного мероприятия улучшит экологические условия жизни населения г. Тюмень.

Важно отметить, что для получения положительных результатов в сфере восстановления, экологической реабилитации водных объектов необходим комплексный подход, включающий в себя научные исследования, проектирование, финансирование водохозяйственных проектов на федеральном и региональном уровнях, проведение мероприятий, направленных на информирование и просвещение населения в сфере использования и охраны водных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.08.2009 г. № 1235-р «Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации до 2020 года».
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. № 1662-р (ред. от 28.09.2018) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года».
3. Приложение к протоколу заседания проектного комитета по национальному проекту «Экология» от 21.12.2018 г. №3 - Паспорт федерального проекта «Сохранение уникальных водных объектов».
4. Постановление Правительства Тюменской области от 14.12.2018 г. № 504-п «Об утверждении государственной программы Тюменской области «Недропользование и охрана окружающей среды» и признании утратившими силу некоторых нормативных правовых актов.

СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

SYSTEMS OF PRODUCTION AND DRINKING WATER SUPPLY

УДК: 681.5

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ

Аганина С.Г., Мезенцев А.А., Нестеров Ю.В., Осокина Н.Н., Самохвалов С.В. Штернер С.Р.
ООО «Научно-внедренческий центр «Униток», Екатеринбург, Россия
info@unitok.ru

Ключевые слова: водоподготовка, качество, коагулянты, флокулянты, активный хлор, автоматизация, контроль, управление, экономия, промывные воды, человеческий фактор, диспетчеризация.

Рассмотрены методические и технологические аспекты применения на водоочистных станциях автоматических технологических лабораторий – контрольно-измерительных и управляющих модулей разработки и изготовления ООО «Научно-внедренческий центр «УНИТОК» (КИМ «Униток»).

AUTOMATED TECHNOLOGICAL LABORATORIES FOR OPTIMIZATION OF THE CURRENTLY OPERATIVE WATER TREATMENT TECHNOLOGICAL PROCESSES

Aganina S., Mezentsev A., Nesterov Y., Osokina N., Samohvalov S., Shterner S.
UNITOK, Scientific and Implement Center, LTD, Ekaterinburg, Russia
info@unitok.ru

Key words: water treatment, quality, coagulants, flocculants, active chlorine, automation, control, management, economy, washing water, human factor, dispatching.

The article consideres methodical and technological aspects of the automated technological laboratories application at the water treatment plants. The laboratories comprise control/measuring and operation control modules developed and produced by Scientific and Implement Center Unitok (Measurement&Control Modules-MCM).

КИМ «Униток» обеспечивают автоматический контроль значений мутности, цветности, величины pH, щелочности, концентрации активного хлора, рабочих доз коагулянтов и флокулянтов, скорости осветления коагулированной взвеси в пробах очищаемой воды, отбираемых автоматически с разных этапов технологического процесса водоподготовки, а также автоматическое управление дозированием рабочих растворов применяемых коагулянтов, флокулянтов, щелочных и содержащих активный хлор реагентов. Автоматическая очистка чувствительных элементов первичных преобразователей, их автокалибровка, автоматическая диагностика электронных и электромеханических блоков в совокупности с интеллектуальным программным обеспечением «Униток-Диспетчер» обеспечивают продолжительную непрерывную работу модулей, их технологическую эффективность и создают условия для оптимизации технологических процессов, в которых применяются КИМ «Униток».

Опыт применения КИМ «Униток» на водоочистных сооружениях России и республики Казахстан показывает, что наряду с повышением культуры труда и снижением влияния человеческого фактора результатом оптимизации технологического процесса водоподготовки являются стабилизация и повышение качества очищаемой воды по мутности, цветности, железу, остаточному алюминию, органическим, хлорорганическим и иным примесям при одновременным снижением расходов коагулянтов, флокулянтов, ГХН~15–20 % и промывных вод фильтрующего оборудования ~30 %.

Оптимальная реализация процессов водоподготовки невозможна без оперативного получения информации об их параметрах, а стабилизация этих параметров невозможна без автоматического осуществления технологических операций, определяющих их значения.

Эти обстоятельства определили путь, который прошло наше предприятие: путь разработок и внедрений автоматических технологических лабораторий для водоочистных станций любого технического состояния и производительности.

С самого начала разработок в выбранном направлении, еще в 1992 году, специалисты ООО «НВЦ УНИТОК» понимали, что принципы, закладываемые в создаваемое оборудование, должны быть новыми, опережающими 20 век, соответствующими веку 21, характерной особенностью которого являются компьютеризация, информатика и новые технологии производства.

Результатом следования этим принципам являются выполненные за эти годы разработки автоматических технологических лабораторий – контрольно-измерительных и управляющих модулей (КИМ) «Коагулянт-Осветлитель», автоматического дозирования коагулянтов и флокулянтов – КИМ АДКФ, КИМ «Хлор-Мониторинг», автоматического дозирования щелочного реагента – КИМ АДЩР, стабилизационной обработки воды – КИМ СОВ и промывки фильтрующего оборудования – КИМ ПФО (обобщенно – КИМ «Униток»).

КИМ «Униток» и присущие им свойства:

1. Каждый модуль является автоматической технологической лабораторией, со своим набором анализаторов и методик, алгоритмы которых реализованы программным обеспечением «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР».
2. Каждый модуль предоставляет технологическому персоналу, диспетчерской службе оперативную информацию о величинах измеряемых им физико-химических параметров, а также возможности автоматического управления дозированием реагентов, применяемых в технологии, проведения экспериментов с целью выяснения путей ее оптимизации.
3. В каждом модуле реализованы автоматическая очистка первичных преобразователей и автоматическое диагностирование исправности электронных и электромеханических узлов оборудования, состояние которых определяет достоверность значений измеряемых параметров.
4. При автоматическом дозировании рабочих растворов реагентов применены адаптивные законы управления с автоматическим (программным) контролем эффективности их управляющих действий.
5. Применены анализаторы проточного типа разработки и изготовления ООО «НВЦ УНИТОК». Используются методики измерения физико-химических параметров государственных стандартов, а также разработки ООО «НВЦ УНИТОК».
6. Применены компьютерные технологии, позволяющие реализовать необходимые КИМ «Униток» методические, управляющие и диагностические алгоритмы.
7. Измерительные системы КИМ «Униток» охватывают автоматическим контролем весь технологический процесс водоподготовки, рис.1. Автоматически анализируются пробы воды сырой, отобранные после смесителей любого типа (контактных камер и т.д.), отстойников, осветлителей любого типа, (в т.ч. из точек контроля осветлителей ВТИ и ЦНИИ), фильтров.
8. Реализован принцип: 1 анализатор – много проб, что в разы удешевляет осуществление проекта по сравнению со стандартными решениями: 1 анализатор – 1 проба. Минимум анализаторов определяет простоту их обслуживания.
9. Программное обеспечение является интеллектуальным и содержит:

– дружественный интерфейс к человеку (многочисленные подсказки и пояснения);
– автоматическое проведение пробных коагуляций КИМ «Коагулянт-Осветлитель»;
– автоматическое заполнение журнала промывок фильтрующего оборудования КИМ ПФО;
– автоматический контроль эффективности управляющих действий блоков управления;
– автоматическую диагностику электронных и электромеханических блоков оборудования, систему предупреждения и сигнализации.

10. Управляющие блоки осуществляют автоматическое дозирование реагентов 2-мя способами:

– параметрическим (используются значения параметров: величины pH, значения щелочности Щ, величины электропроводности (дозы коагулянта), концентрации активного хлора);
– пропорционально расходу сырой воды (используются значения расходов (показания расходомеров) сырой воды и рабочих растворов реагентов).

11. Имеется возможность задания и реализации циклограммы временных изменений значений технологических параметров, реализуемых автоматически модулями КИМ «Коагулянт-Осветлитель», КИМ АДКФ, КИМ «Хлор-Мониторинг», КИМ АДЩР и КИМ СОВ.

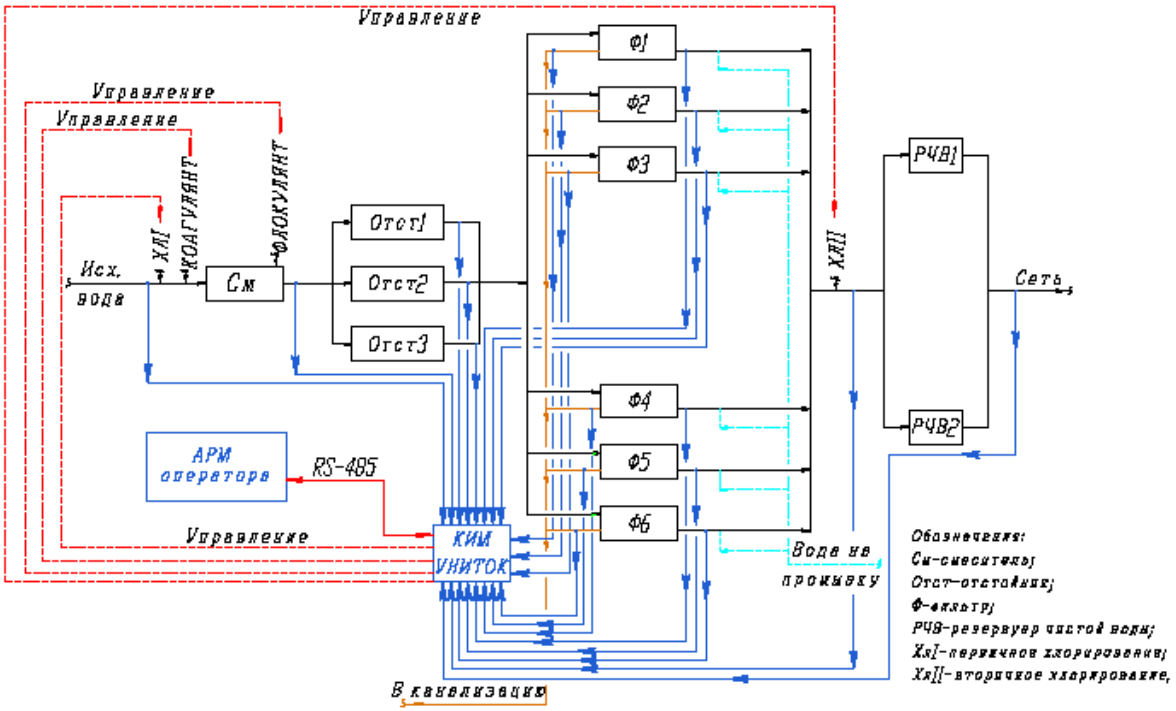


Рис.1. Принципиальная технологическая схема с точками отбора проб для КИМ «Униток».

12. Реализован принцип: 1 анализатор – много проб, что в разы удешевляет осуществление проекта по сравнению со стандартными решениями: 1 анализатор – 1 проба. Минимум анализаторов определяет простоту их обслуживания.

13. Программное обеспечение является интеллектуальным и содержит:
– дружественный интерфейс к человеку (многочисленные подсказки и пояснения);
– автоматическое проведение пробных коагуляций КИМ «Коагулянт-Осветлитель»;
– автоматическое заполнение журнала промывок фильтрующего оборудования КИМ ПФО;
– автоматический контроль эффективности управляющих действий блоков управления;
– автоматическую диагностику электронных и электромеханических блоков оборудования, систему предупреждения и сигнализации.

14. Управляющие блоки осуществляют автоматическое дозирование реагентов 2-мя способами:
– параметрическим (используются значения параметров: величины pH, значения щелочности Щ, величины электропроводности (дозы коагулянта), концентрации активного хлора);
– пропорционально расходу сырой воды (используются значения расходов (показания расходомеров) сырой воды и рабочих растворов реагентов).

15. Имеется возможность задания и реализации циклограммы временных изменений значений технологических параметров, реализуемых автоматически модулями КИМ «Коагулянт-Осветлитель», КИМ АДКФ, КИМ «Хлор-Мониторинг», КИМ АДЩР и КИМ СОВ.

В настоящей статье мы рассмотрим модули «Коагулянт-Осветлитель», КИМ АДКФ, «Хлор-Мониторинг» и КИМ ПФО.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ «КОАГУЛЯНТ-ОСВЕТЛИТЕЛЬ»

КИМ «Коагулянт-Осветлитель» осуществляет последовательный автоматический контроль 12 проб воды, подводимых с разных точек технологического процесса, рис.2.

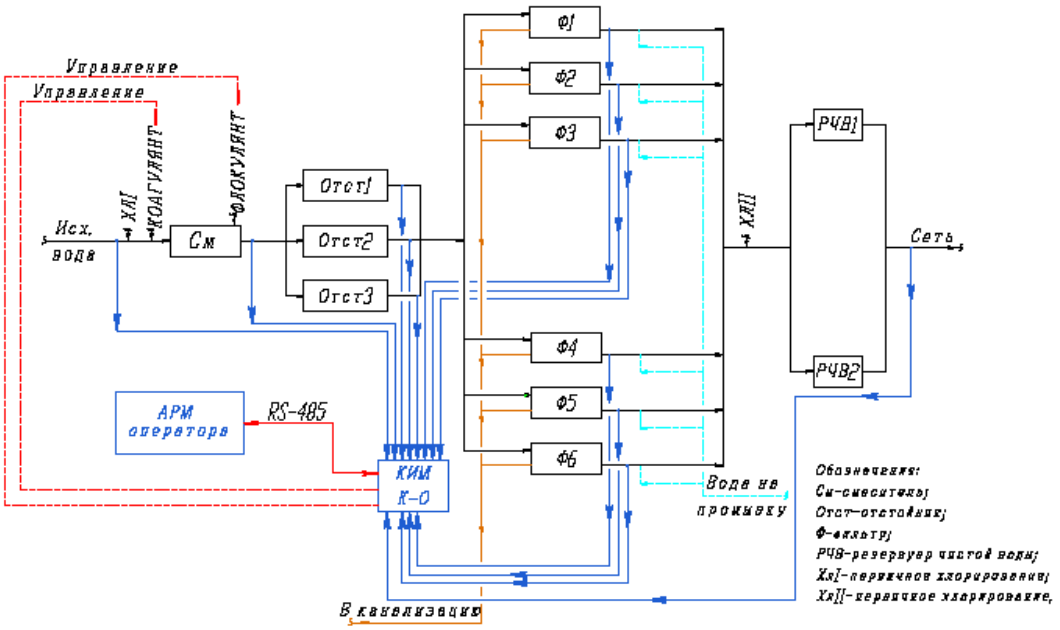


Рис. 2. Принципиальная 2-х ступенчатая схема водоочистных сооружений с точками отбора проб для КИМ «Коагулянт-Осветлитель». СМ-смеситель, Отст-отстойник,Ф-фильтр.

При этом контролируются пробы исходной воды, с реагентами (точка отбора – после смесителя), отобранные после отстойников, фильтров. В этих пробах автоматически осуществляются измерения мутности, цветности, величины pH, температуры, скорости осветления коагулированной взвеси Vосв.

Модуль обеспечивает параметрическое управление дозированием щелочных реагентов (параметр управления – величина pH), а также растворов коагулянта и флокулянта пропорционально расходу сырой воды. Общее количество контролируемых проб – 12. Общее количество каналов управления-4.

На рис. 3А показан внешний вид КИМ «Коагулянт-Осветлитель» и способ подведения проб к гребенкам стоек, на которых размещено его оборудование.



А Б

Рис. 3. Подведение проб воды с разных участков технологического процесса к КИМ «Коагулянт-Осветлитель». А – вид сверху, Б – подведение проб воды к гребенкам приборной стойки.

Подведенные пробы воды (их может быть гораздо больше, если проводить объединение или усреднение проб) поочередно, с помощью вращающегося пробоотборного устройства, рис.4А, подаются анализаторам мутности, цветности, величины pH в воде, которые входят в состав КИМ «Коагулянт-Осветлитель» и располагаются в его рабочей емкости, рис.4Б.



А Б

Рис. 4А. Подвижная воронка блока приема и распределения проб.
Б – рабочая емкость с первичными преобразователями (анализаторами) КИМ «Коагулянт-Осветлитель».

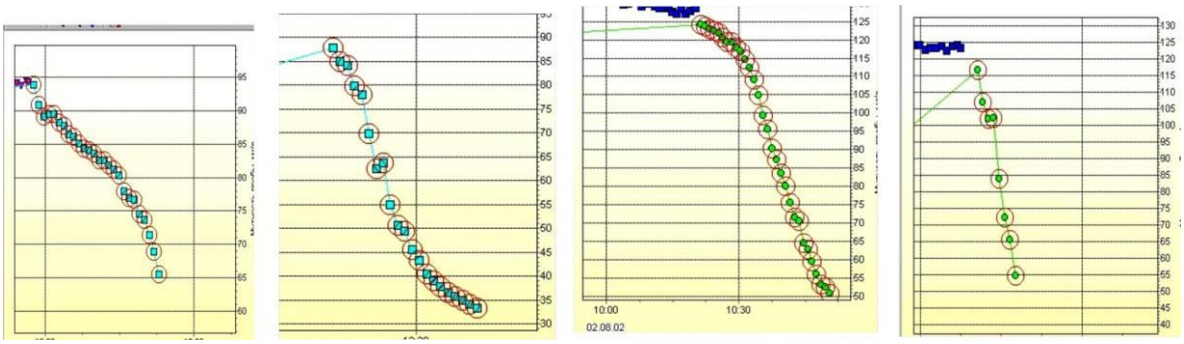
При измерении мутности и цветности применены турбидиметрические методики, разработанные ООО «НВЦ Униток», а при измерении величины pH – электрохимическая методика согласно ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97.

Контролируемые модулем пробы очищаемой воды могут быть различными, что определяется потребностями конкретного технологического процесса.

Общее количество значений измеряемых технологических параметров ~10000 /сутки. Общее количество диагностических параметров оборудования ~2000/сутки.

Для оценки влияния различных факторов на эффективность хлопьеобразования (концентраций рабочих растворов коагулянта и флокулянта, их рабочих доз, точек ввода реагентов в очищаемую воду, параметров исходной речной воды) и прогнозирования результатов коагулирования на водоочистных сооружениях, в модуле «Коагулянт-Осветлитель» предусмотрен режим «пробной коагуляции», являющийся моделью процесса осветления коагулированной взвеси в отстойниках. Этот режим позволяет автоматически, в течение 15–20 мин., определить скорость осветления коагулированной воды Vосв, мг/л/мин, проба которой, с реальными хлопьями, отбирается после смешения с коагулянтами и флокулянтами на выходе смесителя, из камеры хлопьеобразования или из зоны реакции осветлителей ВТИ или ЦНИИ, и поступает в рабочую емкость модуля, оценить оптимальность значений доз реагентов, подобранных химической лабораторией в процессе лабораторных исследований, оперативно скорректировать их в технологическом процессе для получения оптимальных параметров очищенной воды.

На рис.5 приведены временные зависимости мутности осветляющейся коагулированной взвеси в процессе автоматического проведения пробных коагуляций при разных дозах коагулянта ОХА, полученные на ГОСВ г. Хабаровска. Пробы коагулированной воды отбираются автоматически на выходе смесителя станции.



А Б В Г

Рис. 5. Временные зависимости мутности осветляющейся коагулированной взвеси в процессе автоматического проведения пробных коагуляций при разных дозах коагулянта ОХА. Головные водоочистные сооружения г. Хабаровска, 2005 г.

Параметры исходной воды: М = 85 мг/л, Ц = 70^0 ХКШ, pH = 7,1. Продолжительность наблюдения пробной коагуляции в каждом опыте 10-30 минут.
Дозы ОХА: А – 4,5 мг/л, Б – 5,2 мг/л, В – 6 мг/л, Г – 8,5 мг/л. Доза флокулянта (ПАА) во всех опытах ~ 0,2 мг/л.

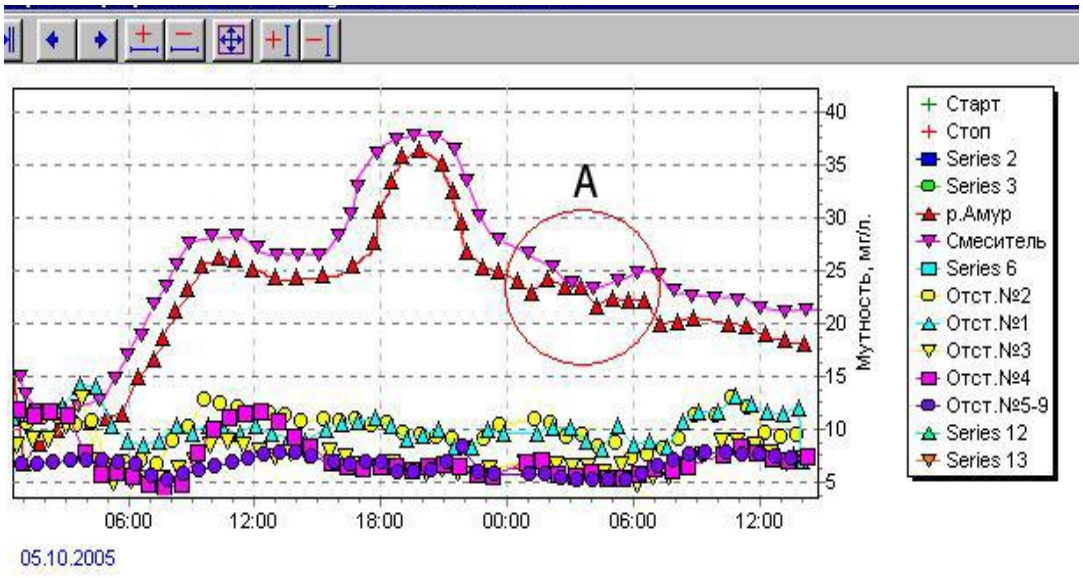
На рис. 6 представлен КИМ «Коагулянт-Осветлитель» ФОС-1 ПАО «Архангельский ЦБК». Пробы воды, отобранные с разных участков технологического процесса для контроля анализаторами модуля, непрерывно поступают к панели потоков, расположенной на левой стойке. Рабочая емкость с датчиками мутности, величины pH, температуры и анализатор цветности «Сергий-Цвет-1» расположены на правой стойке.



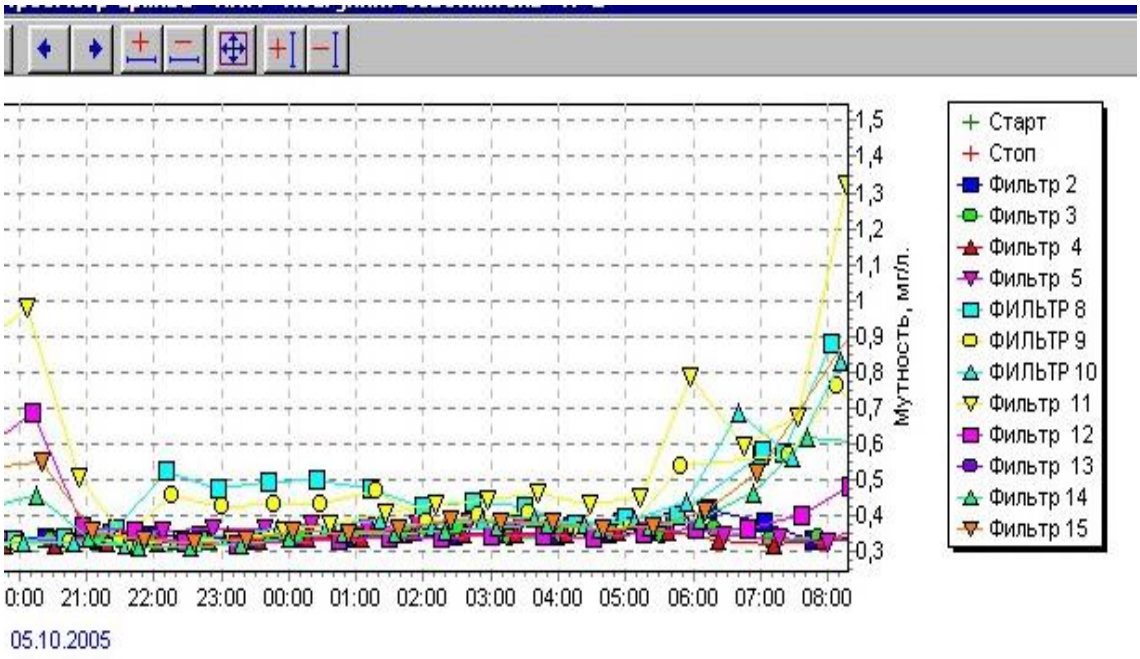
Рис. 6. Контрольно-измерительный модуль «Коагулянт-Осветлитель», цех водоподготовки ПАО «Архангельский ЦБК», сентябрь 2013 г.

На рис. 7 приведены временные зависимости мутности проб воды исходной, отобранных после смесителя, отстойников и фильтров ГОСВ г. Хабаровска, а также, рис.8, блока отстойников и фильтров НФС-1 г. Новосибирска.

Оперативная информация о динамике работы отстойников и фильтров очистных сооружений позволяет сменному мастеру планировать промывку фильтров и регламентный сброс воды из отстойников, что способствует увеличению фильтроцикла фильтрующего оборудования, экономии расхода промывной воды и повышению производительности очистных сооружений при соблюдении необходимого качества очищаемой воды [1–4].



А



Б

Рис. 7. Временные зависимости мутности проб воды сырой, отобранных после отстойников – А и фильтратов; – Б ГОСВ г. Хабаровска. Октябрь 2005 г.

На рис. 7 А точка А характеризуется равными значениями мутности сырой воды и пробы воды с выхода смесителя, что имеет место при прекращении подачи коагулянта в смеситель.

Сравнение значений мутности пробы воды сырой и пробы воды с хлопьями коагулянта после его дозирования в очищаемую воду позволяют качественно контролировать этот процесс.

Как видно на рис. 8, периодические снижения мутности осветленной воды в утренние часы обусловлены увеличением времени нахождения в отстойниках очищаемой воды в ночное время.

Увеличение мутности фильтратов около 9 часов утра является следствием проскока мелкодисперсных взвесей, поступивших в фильтры из отстойников, не задержанных фильтрующей загрузкой из-за особенностей процесса фильтрации при отсутствии в воде их более крупных фракций.

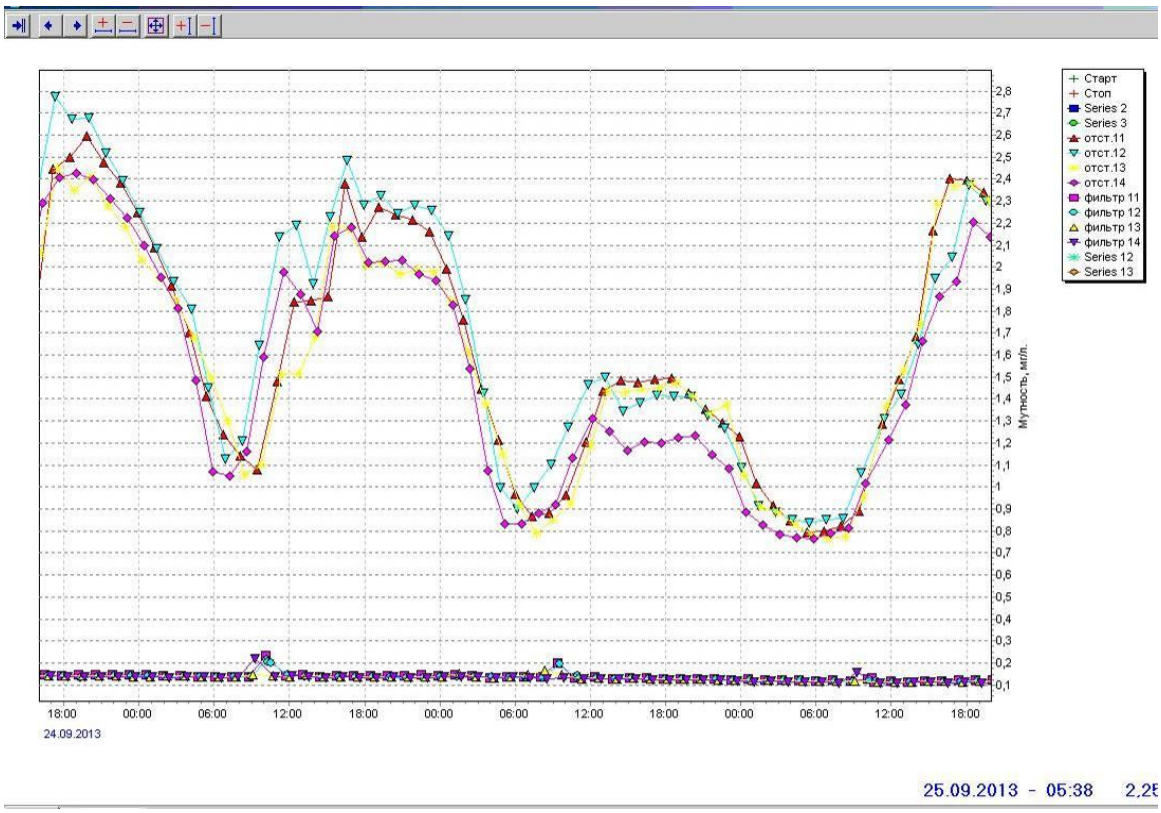


Рис. 8. Временные зависимости мутности осветленной и фильтрованной воды блоков отстойников и фильтров НФС-1 г. Новосибирска.

В настоящее время КИМ «Коагулянт-Осветлитель» работают на водоочистных станциях городов Владивостока, Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре, Уссурийска, Новосибирска, Междуреченска, Березовска Кемеровской области, Перми, Кирова, Набережных Челнов, Новодвинска, Северодвинска, Каменск-Уральского Свердловской области и др. Их внедрение позволило повысить качество очищаемой воды по мутности, цветности, остаточному алюминию органическим и др. примесям при снижении расхода реагентов, в среднем, ~15–20 % и расхода воды на собственные нужды ~10 %.

Контрольно-измерительный и управляющий модуль автоматического дозирования коагулянта и флокулянта КИМ АДКФ

Стабилизация параметров технологического процесса реагентной очистки воды невозможна без стабилизации рабочих доз применяемых реагентов. Эту задачу выполняет КИМ АДКФ [5].

КИМ АДКФ автоматически определяет дозу коагулянта в очищаемой воде двумя независимыми способами: «объемным», при использовании значений расходов исходной воды и рабочего раствора коагулянта (показания расходомеров), его плотности и концентрации и кондуктометрическим методом – по изменению электропроводности очищаемой воды, обусловленному введением в нее коагулянта [6].

На рис. 9 представлена принципиальная схема технологического процесса реагентной очистки воды с точками отбора проб, необходимых КИМ АДКФ, а также показаны входящие (от расходомеров) и выходящие (управляющие), токовые сигналы.

Для снижения погрешности определения дозы коагулянта кондуктометрическим способом процесс измерения электропроводности пробы сырой воды и пробы воды с коагулянтом производится в одной кондуктометрической ячейке.

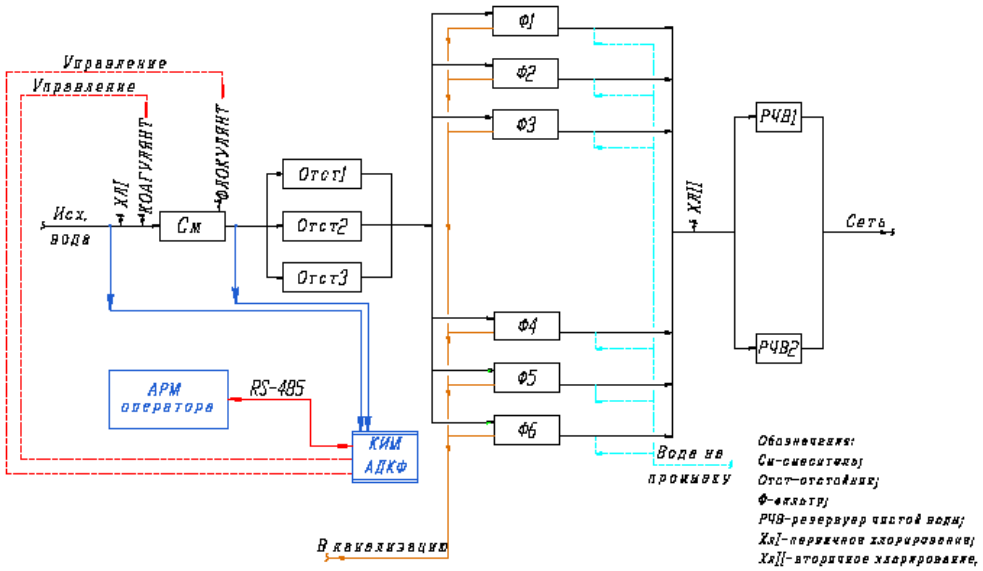


Рис. 9. Принципиальная схема технологического процесса водоподготовки с точками отбора проб для КИМ АДКФ.

Расчет дозы коагулянта по показаниям расходомеров производится по формуле (1).

Dk= (10*p*c*qk)/Qв (1),

где p и c – плотность, г/см^3 и концентрация, %, рабочего раствора коагулянта,

qk и Qв –расходы рабочего раствора коагулянта, л,час, и сырой воды, м^3/час.

Расчет дозы коагулянта кондуктометрическим методом производится по формуле (2).

Dk= const*(Эсм-Эс) (2),

где Эсм и Эс – значения удельных электропроводностей пробы воды с коагулянтом (проба отобрана, например, после смесителя станции) и сырой воды, а const – постоянная величина, определяемая при градуировке кондуктометрического датчика.

На рис. 10 приведены временные зависимости электропроводностей проб воды с коагулянтом и сырой воды.

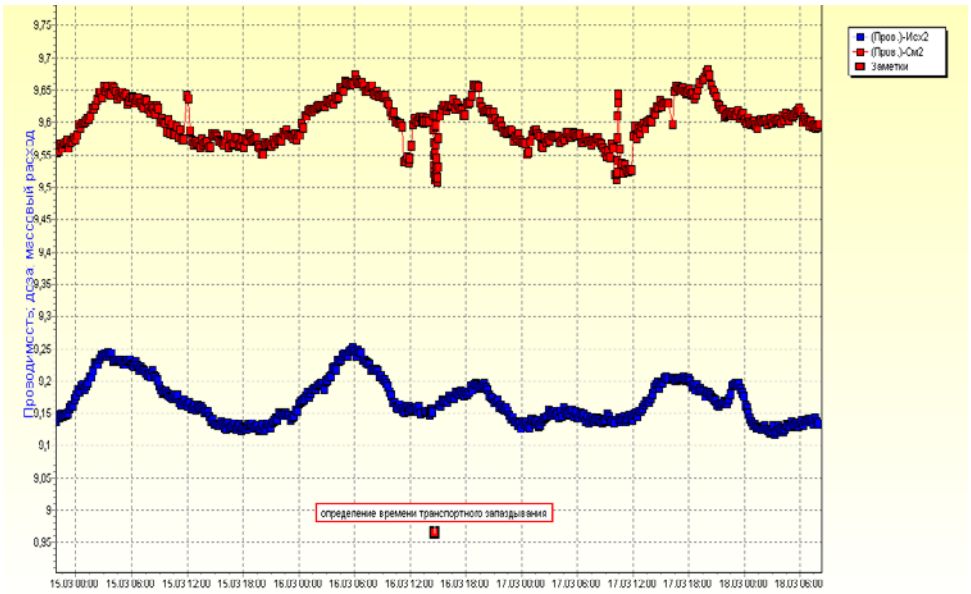


Рис. 10. Временная зависимость электропроводности проб воды исходной и с коагулянтом. Чусовские очистные сооружения г. Перми.

Электропроводность пробы воды с коагулянтом больше электропроводности сырой воды. При стабильной дозе (концентрации) коагулянта в воде эти графики подобны. Скачки на графике временной зависимости электропроводности воды с коагулянтом отражают особенности процесса его дозирования. На рис. 11 приведены фотографии КИМ АДКФ.



А Б

Рис. 11. КИМ АДК на НФС Артемовского гидроузла КГУП «Приморский Водоканал» (А). Пуско-наладочные работы на НФС-1 г. Новосибирска (Б).

На рис. 12 приведены временные зависимости доз коагулянта, создаваемых КИМ АДКФ в 2-х смесителях водоочистной станции в режиме автоматического управления насосами-дозаторами.

Время переходного процесса при изменении расхода исходной воды или концентрации рабочего раствора коагулянта на 15–20 % ~ 10–15 мин.

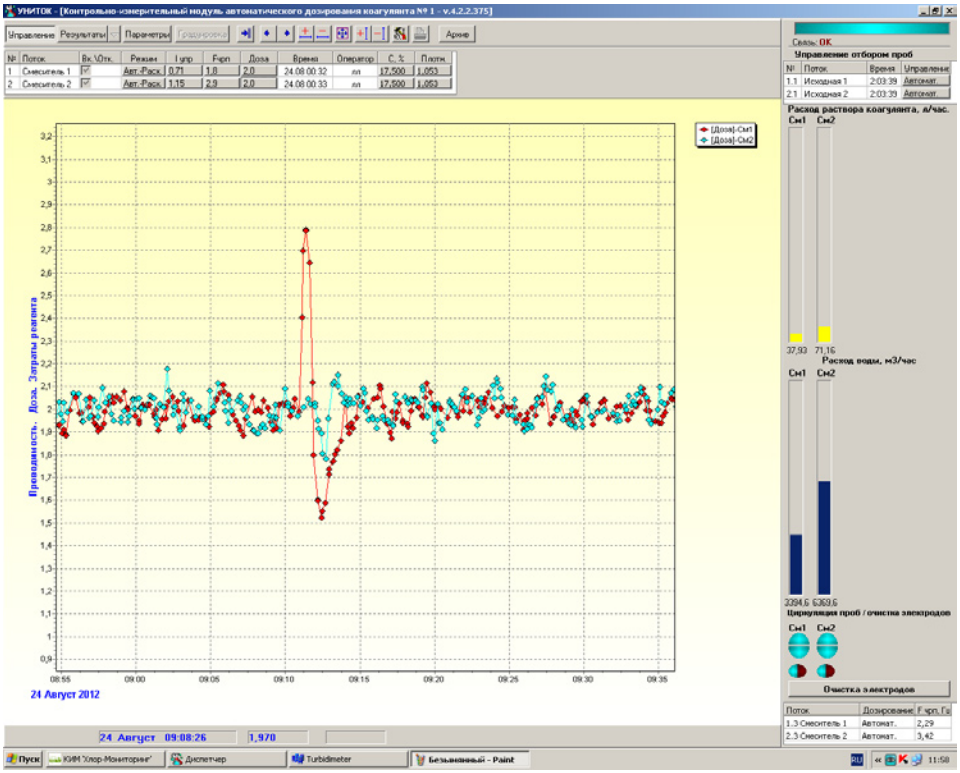


Рис. 12. Временные зависимости доз коагулянта, созданных в 2 смесителях водоочистной станции.

В ряде случаев при реализации технологии реагентной очистки воды применяют дискретное или дробное дозирование. При этом программное обеспечение «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР» руководствуется при управлении дозированием реагентов заданной оператором циклограммой.



Рис. 13. Циклограмма изменения рабочей дозы реагента при автоматическом режиме управления дозированием его рабочего раствора.

На рис. 14 приведены временные зависимости одной и той же дозы коагулянта, определенные двумя методами: с использованием показаний расходомеров сырой воды и рабочего раствора коагулянта (расчет по формуле (1) и кондуктометрической методики (расчет по формуле (2)).

Доза «по проводимости» обозначена на рисунке зелеными кружками, а доза «по расходам» – красными.

Рис. 14 иллюстрирует ситуацию, когда раствор коагулянта проходит через расходомер, но реально в очищаемую воду не попадает. При этом доза «по расходам» не изменяется и соответствует заданной оператором, а доза «по проводимости», являясь реально созданной в смесителе дозой, показывает снижение концентрации коагулянта в очищаемой воде и восстановление его поступления по истечению определенного времени.

Реализация в КИМ АДКФ 2 методов определения одной и той же дозы применяемых коагулянтов создала условия для автоматического контроля исправности применяемых расходомеров, достоверности используемых при расчете доз коагулянтов значений концентраций их рабочих растворов, а также определения расхода сырой воды косвенным методом и коэффициента деления Кдел расхода сырой воды между 2 смесителями станции.

Коэффициент деления потоков Кдел =Q2/Q1 представляет собой отношение расходов сырой воды через 2 смесителя станции. Кдел обеспечивает, при знании общего расхода сырой воды через 2 смесителя станции, расчет индивидуальных расходов сырой воды через каждый смеситель, т.е. возможность расчета доз применяемых в 2-х смесителях реагентов и реализацию их автоматического дозирования.

На рис. 15 представлено основное окно программного обеспечения «УНИТОК-ДИСПЕТЧЕР» для КИМ АДКФ-И, версии модуля КИМ АДКФ для водоочистной станции «Кама-Ижевск» г. Ижевска.

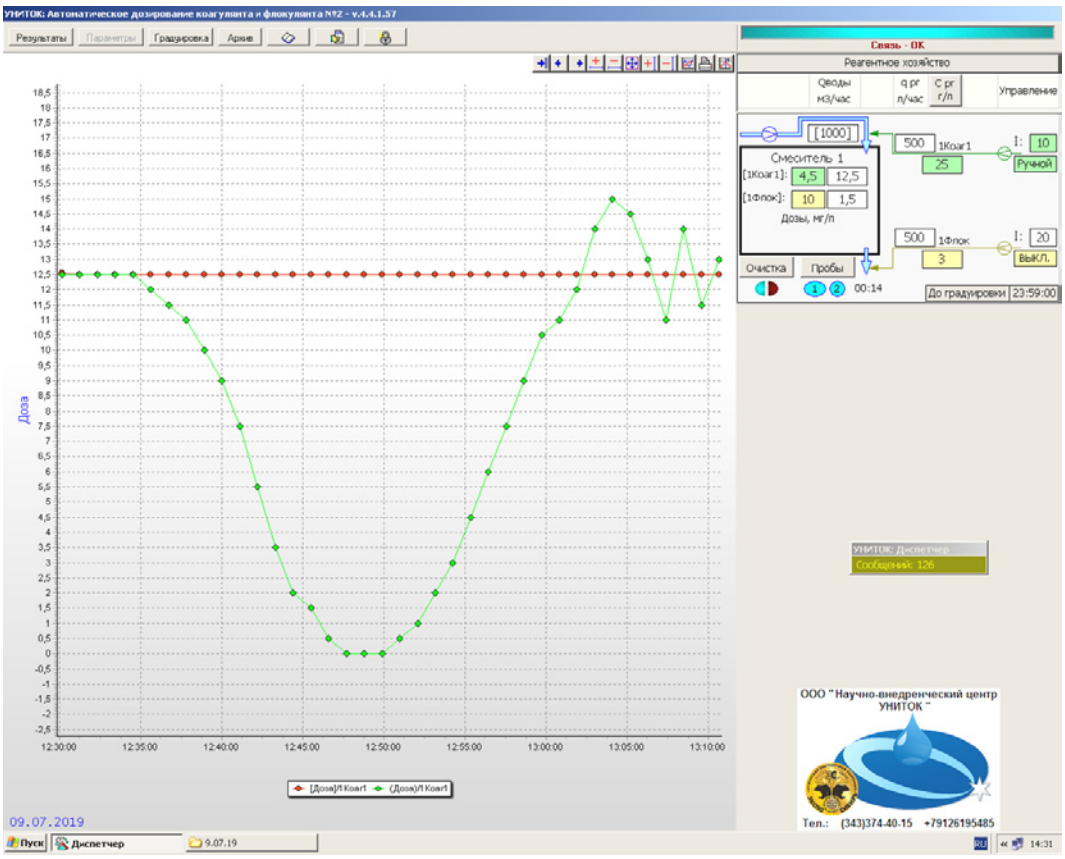


Рис. 14. Временные зависимости дозы коагулянта, определенной «по расходам» – [Доза] и дозы коагулянта, определенной «по электропроводности» – (Доза).

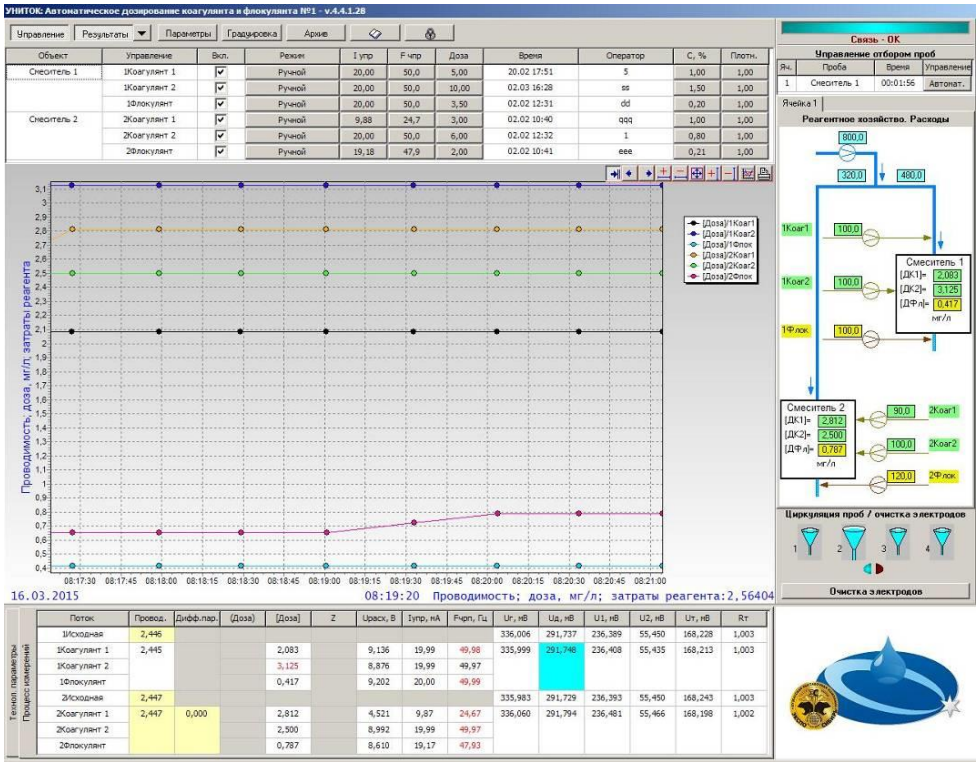


Рис. 15. Основное окно программного обеспечения КИМ АДКФ-И, г. Ижевск, Удмуртская республика.

КИМ АДКФ-И обеспечивает автоматическое определение коэффициента деления потоков Кдел, расчет доз 6 реагентов, дозируемых в 2 смесителя ВОС «Кама-Ижевск», и их автоматическое дозирование.

Автоматическое управление дозированием рабочих растворов коагулянта и флокулянта способствует облегчению труда операторов и снижению влияния человеческого фактора на качество очищаемой воды, т.к. в условиях ручного управления доза коагулянта, поступающего в очищаемую воду, может неконтролируемо изменяться.

В настоящее время КИМ АДКФ работают на водоочистных станциях городов Владивостока, Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре, Уссурийска, Новосибирска, Междуреченска, Березовска Кемеровской области, Перми, Кирова, Набережных Челнов, Новодвинска, Северодвинска, Каменск-Уральского Свердловской области и др. Их внедрение позволило повысить качество очищаемой воды по мутности, цветности, остаточному алюминию и др. примесям при снижении расхода реагентов, в среднем, ~10–15 %.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ И УПРАВЛЯЮЩИЙ МОДУЛЬ КИМ «ХЛОР-МОНИТОРИНГ»

КИМ «Хлор-Мониторинг» предназначен для автоматического измерения концентрации общего (суммарного) или свободного активного остаточного хлора 12-ти проб воды при первичном и вторичном хлорировании с использованием методик ГОСТ 18190-72 и управления исполнительными механизмами, дозирующими содержащий активный хлор реагент, по 4 независимым каналам.

На рис.16 приведена принципиальная схема технологического процесса реагентной очистки воды с точками отбора проб для КИМ «Хлор-Мониторинг», а также указаны входные и выходные сигналы этого модуля.

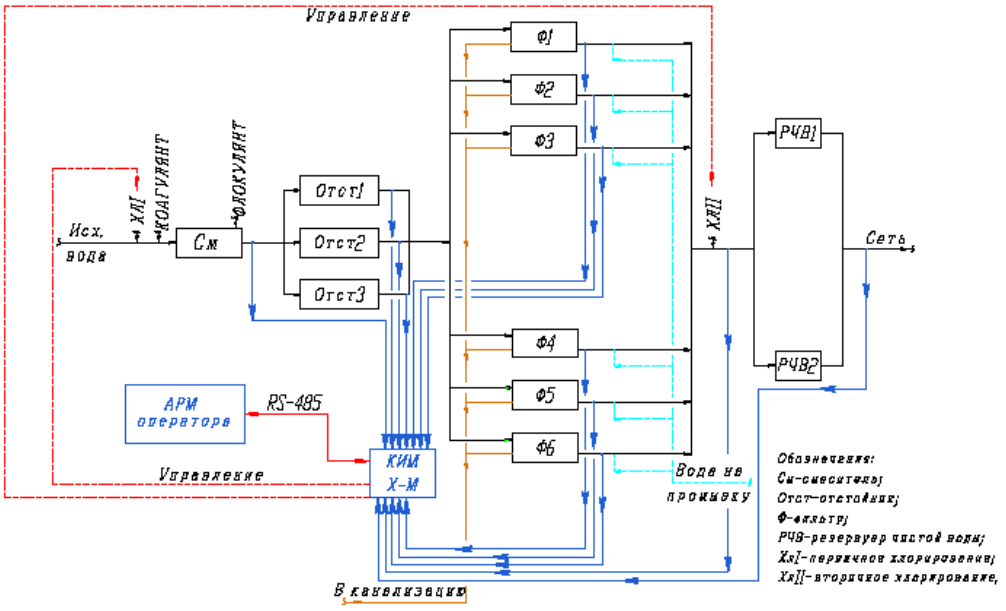


Рис. 16. Принципиальная схема технологического процесса реагентной очистки воды с точками отбора проб для КИМ «Хлор-Мониторинг».

При проведении контроля каждой пробы автоматически выполняется совокупность действий, включающая в себя операции по подготовке модуля к измерениям, его диагностике и реализации методики анализа.

КИМ «Хлор-Мониторинг» включает в себя блок автоматического приема и распределения анализируемых проб, блок измерения и управления, блок автоматического фотоколориметра и блок реагентов.

На рис.17 А приведена фотография модуля, а на рис.17 Б, укрупнено, блок измерения и управления.



А Б

Рис. 17. А. КИМ «Хлор-Мониторинг». Б. блок управления.

Блок автоматического фотоколориметра, рис. 18, имеет в своем составе 2 черпаковых дозатора, 2 капельных дозатора, оптическую ячейку и блок очистки стекол.

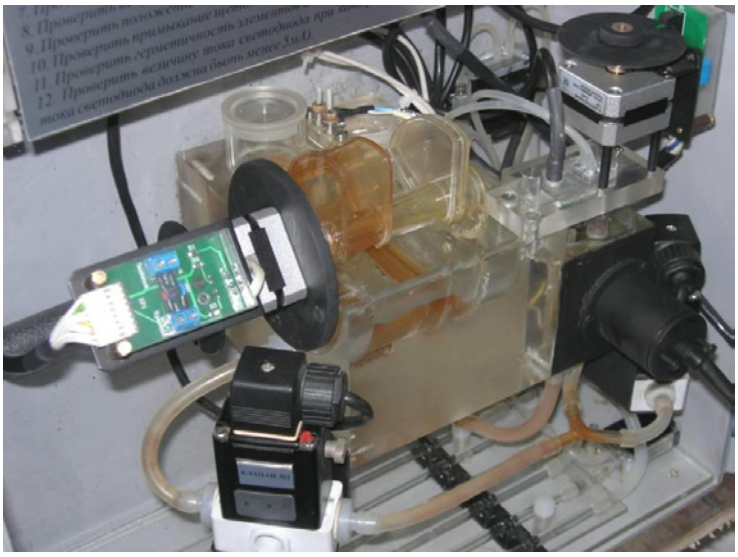


Рис. 18. Блок измерения с блоком автоматических дозаторов (2 дозатора черпакового типа и 2 капельных дозатора), оптической ячейкой и блоком очистки стекол.

В основе определения концентрации активного хлора КИМ «Хлор-Мониторинг» лежит метод фотоколориметрического титрования. При реализации этого метода оптическим датчиком фиксируется момент изменения окраски анализируемой пробы (момент окончания титрования) и, по определяемому при этом количеству израсходованного раствора титранта, производится расчет концентрации активного хлора.

В ходе проведения анализов осуществляется запись т.н. кривых титрования анализируемых проб, представляющих собой временные зависимости их коэффициентов светопропускания в процессе проведения измерений.

Отражением определения концентрации свободного остаточного активного хлора является рис.19А, а суммарного (общего) активного хлора – рис.19 Б.

Введение титранта в анализируемый раствор производится автоматическим капельным дозатором с одновременным перемешиванием жидкости в оптической ячейке рамкой с частотой вращения ~ 200 об/мин.

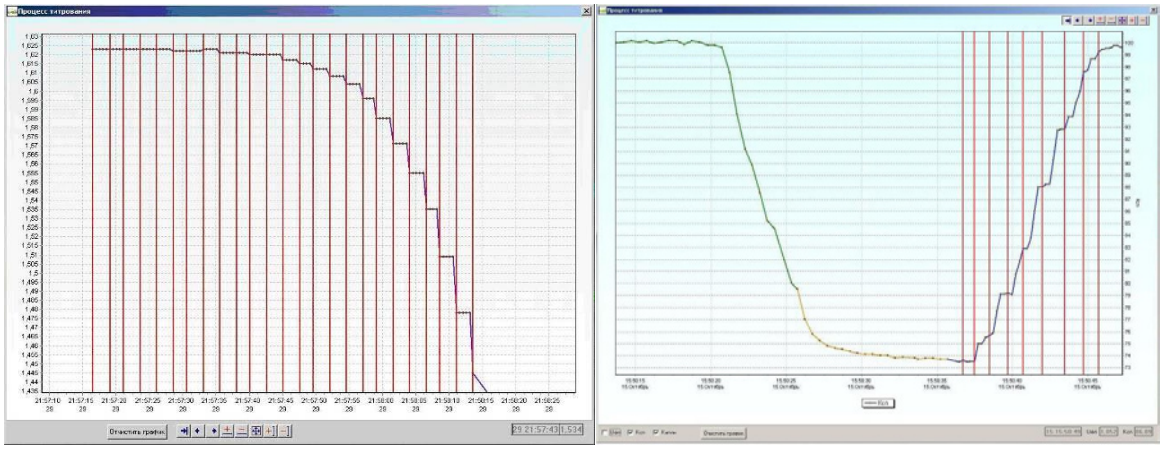


Рис. 19. Кривые титрования: А-при определении свободного остаточного активного хлора, Б – при определении суммарного (общего) активного хлора.

Поступление каждой капли титранта в анализируемый раствор отражается на графиках титрования вертикальной линией красного цвета. Количество линий (количество капель) определяет объем титранта, затраченного при проведении анализа.

На рис. 20 представлены графики временных зависимостей концентрации свободного остаточного активного хлора в пробах воды ФОС-1 ПАО «Архангельский ЦБК», где реализовано автоматическое дозирование ГХН на входе в РЧВ .

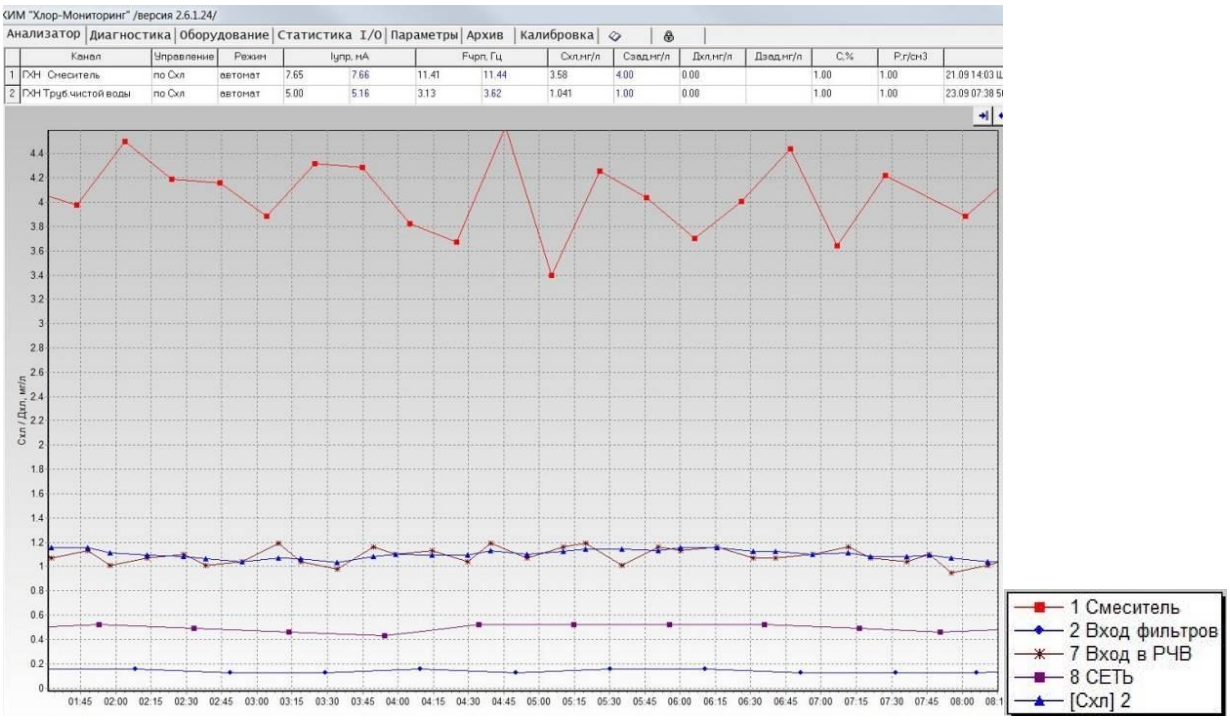


Рис. 20. Графики временных зависимостей концентрации свободного остаточного активного хлора в пробах воды ФОС-1 ПАО «Архангельский ЦБК».

Опыт применения КИМ «Хлор-Мониторинг» на ФОС-1 ПАО «Архангельский ЦБК» показывает, что автоматический контроль проб воды после первичного (после смесителя) и вторичного (перед РЧВ) хлорирования позволяет успешно реализовать автоматическое параметрическое управление дозированием содержащих активный хлор реагентов (параметр управления Схл – концентрация активного хлора в контролируемой пробе), а автоматический контроль концентраций активного хлора в пробах, отобранных после отстойников, фильтров и контактных осветлителей – оперативно оценивать его поглощение очищаемой водой и загрязненность фильтрующих загрузок.

В настоящее время КИМ «Хлор-Мониторинг» внедрены в технологические процессы реагентной очистки воды станций НФС-1 и НФ5-2 города Новосибирска, ГОСВ г. Хабаровска, ГОСВ г. Уссурийска [6], ФОС-1 г. Новодвинска, ГОСВ г. Нур-Султан Республики Казахстан, СПТВ г. Березовского Свердловской области.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ И УПРАВЛЯЮЩИЙ МОДУЛЬ ПРОМЫВКИ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ КИМ ПФО

Каждая водоочистная станция стремиться снизить количество имеющихся промывных вод. С этой целью специалистами ООО «НВЦ Униток» был разработан анализатор мутности промывных вод фильтрующего оборудования АМПВ-1, и на его базе в 2012 г. создан КИМ ПФО**,** принципиальная схема включения которого в технологический процесс водоподготовки приведена на рис. 21.

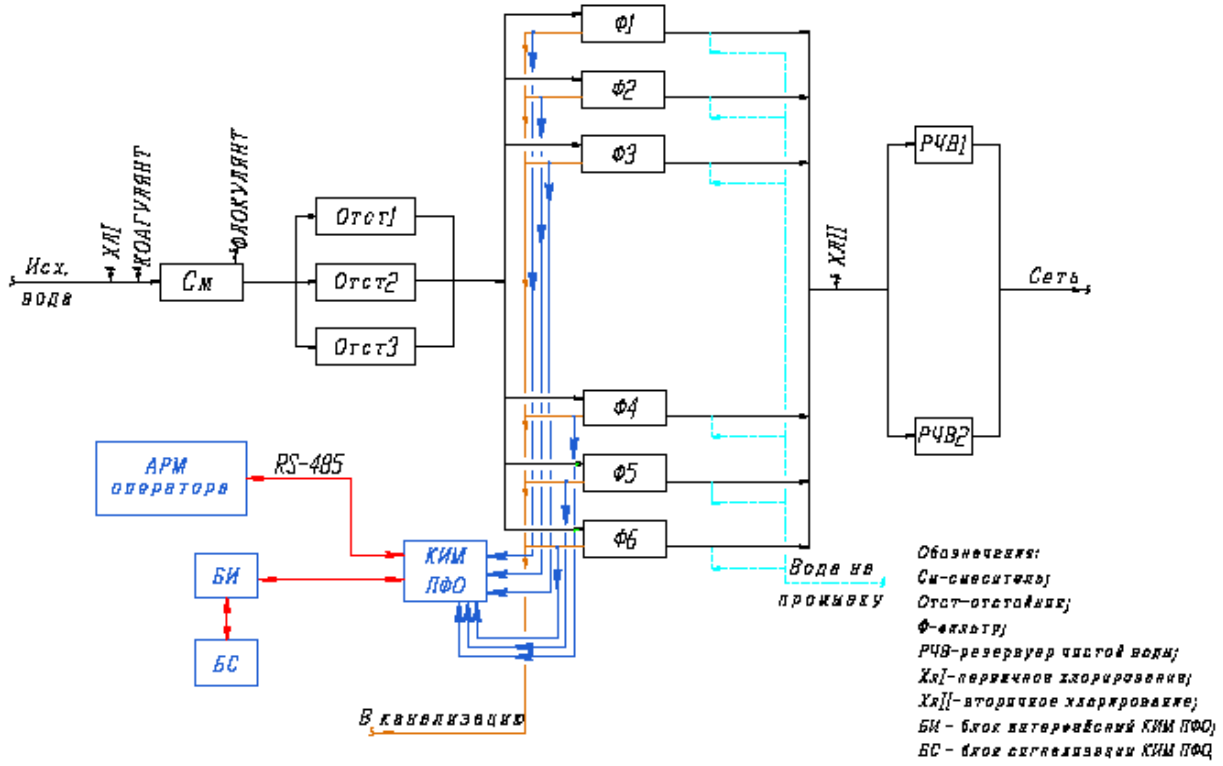


Рис. 21. Принципиальная технологическая схема ВОС с точками отбора проб отработанной промывной воды для КИМ ПФО.

КИМ ПФО обеспечивает автоматический контроль мутности отработанной промывной воды фильтров и контактных осветлителей, расчет количества взвешенных веществ, удаляемых промывной водой из фильтрующей загрузки и своевременное прекращение промывки путем подачи информационных (оперативному персоналу) и управляющих (в систему автоматического управления промывкой фильтрующего оборудования) сигналов**.**

КИМ ПФО включает в себя блок приема и распределения анализируемых потоков в количестве до 12-ти и высокоскоростной анализатор мутности промывных вод фильтров АМПВ-1, расположенные на приборной стойке, рис. 22, а также блок интерфейсный, рис. 23, устанавливаемый на площадке блока фильтров.

Блок интерфейсный предназначен для взаимодействия с блок светозвуковой сигнализации, а также операторов фильтров – с ПК АРМ.



А Б

Рис. 22. КИМ ПФО: А- ЧОС ООО «Новогор-Прикамье», Б-ФОС-1 ПАО «АрхЦБК».



Рис. 23. Блок интерфейсный КИМ ПФО на площадке блока фильтров.

Программное обеспечение КИМ ПФО осуществляет автоматическое заполнение журнала промывок, рис.24, в котором отображаются основные параметры этого процесса: время начала промывки, максимальное значение мутности отработанной промывной воды, количество взвешенных веществ, удаляемых из фильтров с промывной водой, время, затраченное на отмывку фильтра или контактного осветлителя до заданного значения мутности. Внедрение КИМ ПФО на 4 водоочистных станциях ПАО «Архангельский ЦБК» (ФОС-1, ФОС-2, СПХВ, ГВОС), ВОС «Кама-Ижевск» г. Ижевска, ЧОС ООО «Новогор-Прикамье» г. Перми показали, что экономия расхода промывной воды ~30 % – реальность.

Важным технологическим содержанием модуля, помимо получаемой экономии расхода промывной воды, является автоматическое определение количества взвешенных веществ, удаляемых из фильтров (контактных осветлителей) во время их промывки, которое позволяет технологу станции оценить эффективность работы 1 ступени очистки (отстойников) и нагрузку на каждый фильтрующий аппарат.

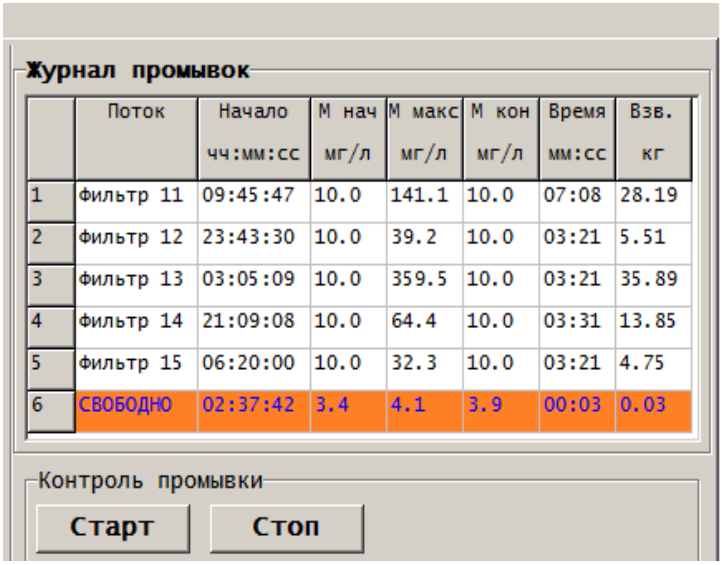


Рис. 24. Журнал промывок блока фильтров. Заполнение журнала – автоматическое.

На рис. 25 приведена «классическая» временная зависимость мутности отработанной промывной воды фильтра, полученная во время промывки фильтра №8 НФС-1 г. Новосибирска [7]. Как видно из графика резкое возрастание мутности до величины ~180 мг/л происходит за время ~17 секунд, затем в течение ~ 2 минут наблюдается снижение значения мутности до 30 мг/л и, далее, медленное осветление промывной воды до ~7 мг/л в течение 4 минут.

Экономия расхода промывной воды достигается прекращением промывки не по окончанию заданного интервала времени или «на глаз оператора», а по заданному значению мутности отработанной промывной воды, достигаемому в процессе отмывки фильтрующей загрузки.

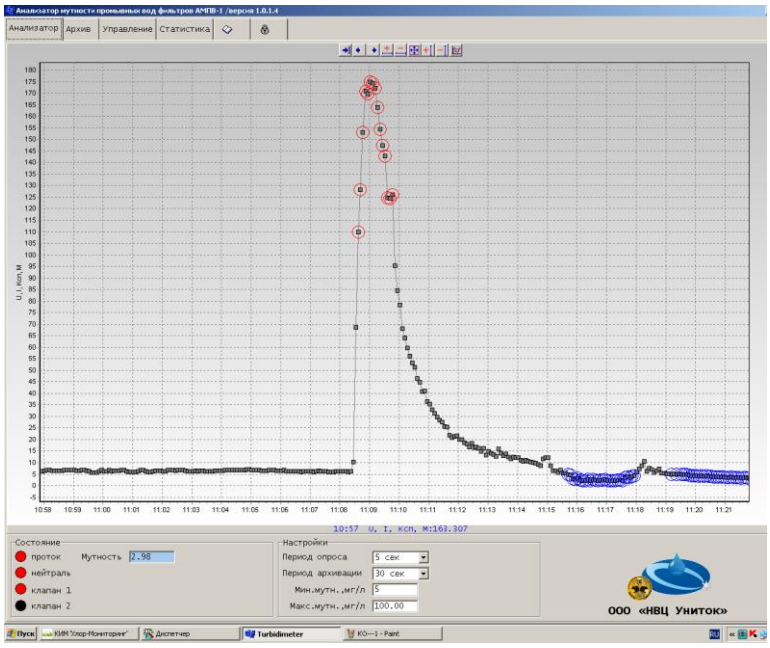


Рис. 25. Изменение мутности отработанной промывной воды во время промывки фильтра № 8 НФС-1 г. Новосибирска.

На рис. 26 приведены временные зависимости мутности отработанной промывной воды и количества взвешенных веществ, выносимых ею во время промывки из фильтров №№ 1, 2 и 3 водоочистных сооружений «Кама-Ижевск». Левая ось графиков – «мутность», мг/л, правая-«количество взвешенных веществ», кг.

Как видно из представленных графиков ~90 % взвешенных веществ удаляются из фильтрующей загрузки за первые 1,5 минуты промывки. Этот факт является основанием для реализации экономичных режимов промывки фильтров.

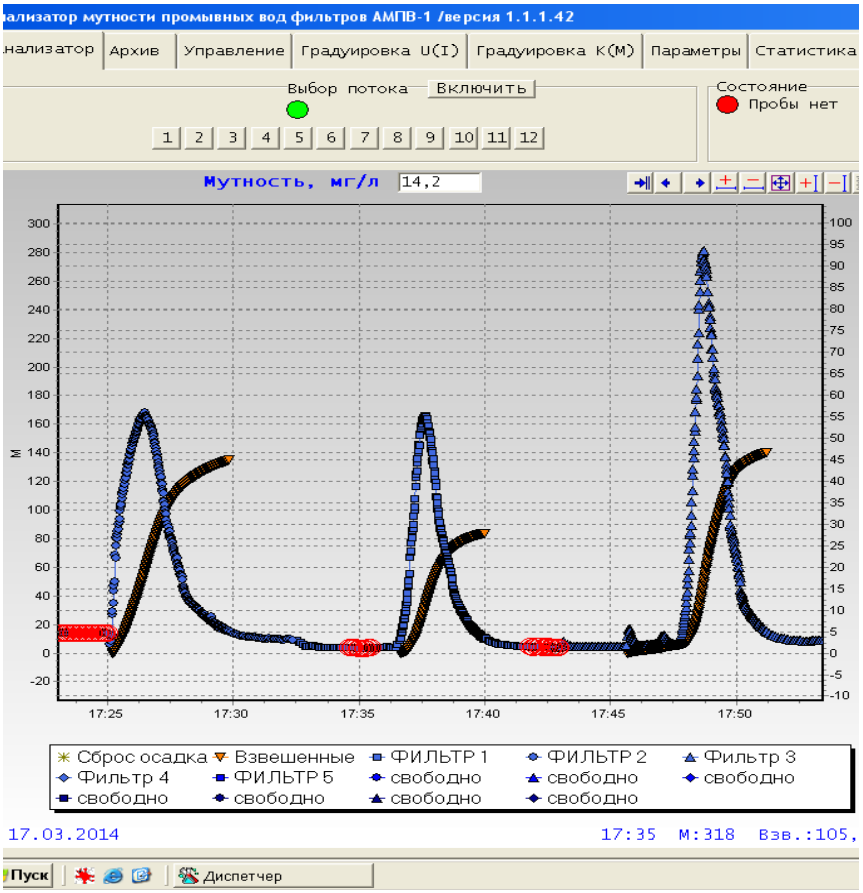


Рис. 26. Временные зависимости мутности отработанной промывной воды и количества взвешенных веществ, выносимых ею во время промывки из фильтров №№ 1, 2 и 3 водоочистных сооружений «Кама-Ижевск».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье выполнен обзор работ ООО «НВЦ УНИТОК», направленных на оптимизацию технологических процессов реагентной очистки воды средствами АСУ ТП. Опыт внедренческой работы специалистов ООО «НВЦ Униток» постоянно используется при модернизации выпускаемого оборудования, что способствует повышению его технологической эффективности и эксплуатационной надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Штернер С.Р.* Автоматический корректор технологии водоподготовки – контрольно-измерительный модуль «Коагулянт-Осветлитель» // Водоснабжение и санитарная техника. 1997. № 7. С. 21–23.
2. *Штернер С.Р., Лузгин С.Л.* Оптимизация технологии реагентной очистки воды средствами АСУ ТП. // Решение водохозяйственных проблем в сибирском регионе: мат-лы II междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 27-28 октября 2005г.). С. 41–42.
3. *Штернер С.Р.* Целевой проект по решению проблем повышения качества питьевой воды на очистных сооружениях предприятий «Водоканал», а также воды для технологических целей, очищаемой в водоподготовительных цехах промышленных предприятий. Концепция программы «Вода питьевая – чистая вода» // Водные ресурсы и водопользование. 2005. №8(20). С. 27–30.

4. Оптимизация технологического процесса очистки воды на сооружениях водопровода г. Хабаровска / К.В. Домнин, Е.Е. Архипова, С.Р. Штернер, С.Л. Лузгин // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. № 6. Ч. 2. С. 24–27.
5. Управление процессом подготовки питьевой воды средствами локальной автоматизации/ И.В. Валуйских [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 9. С. 54–57.
6. *Терлеев О.* и др. Оптимизация технологического процесса реагентной очистки воды на очистных сооружениях г. Уссурийска средствами АСУ ТП // Вода Magazine. 2012. № 3 (55). С. 40–43.
7. Автоматизация контроля мутности промывных вод скорых фильтров / С.Р. Штернер [и др.] // Решение проблем экологической безопасности в водохозяйственной отрасли: материалы VIII междунар. научно-производственной конф. (Новосибирск, 17-19 октября 2012г.). С. 62–65.

УДК 628.16

РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАМКНУТОЙ СИСЕМЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ООО «ВИЗ-СТАЛЬ»

Аксенов В.И.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
Галкин Ю.А.
ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия
mail@eco-project.ru

Ключевые слова: замкнутая система производственного водоснабжения, Верх-Исетский металлургический.

Описана история создания первой в черной металлургии замкнутой системы производственного водоснабжения крупного комплекса цеха холодной прокатки трансформаторной стали на Верх-Исетском металлургическом заводе в Екатеринбурге. Показана ее роль в формировании идеологии и основных технических направлений при создании последующих общезаводских и локальных систем на предприятиях черной металлургии России и Украины.

DEVELOPMENT, REALIZATION AND OPERATING OF OOO “VIZ-STAL” CLOSE-CIRCUIT WATER SUPPLY SYSTEM

Aksenov V.I.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
Galkin Y.A.
OOO «EKO-PROYEKT», Ekaterinburg, Russia

Key words: close-circuit industrial water supply system, Verkh-Iset Metallurgical Plant

The article describes establishment of the first in ferrous metallurgy close-circuit waste-free industrial water supply system for the Verkh-Iset Metallurgical Plant transformer steel rolling shop (Ekaterinburg). The article underlines this system role in formation of ideology and the main engineering solutions for further development of similar plant and local systems for ferrous metallurgy plants of Russia and Ukraine.

ВВЕДЕНИЕ

История создания первой в черной металлургии замкнутой безотходной системы производственного водоснабжения комплекса цеха холодной прокатки трансформаторной стали на Верх-Исетском металлургическом заводе (г. Екатеринбург). Поскольку строительство цеха планировалось в центре полуторамиллионного города, на берегу Верх-Исетского пруда, вблизи питьевого водозабора, требовалось создать такую систему водоснабжения, которая бы полностью исключала попадание сточных вод и отходов от их обработки в окружающую среду.

Наибольшее внимание уделялось техническим решениям по переработке отходов, полученных при очистке загрязненных технологических вод. Создана установка для сжигания маслооотходов. Осадки сточных вод сначала обезвоживались на фильтр-прессах, затем подвергались сушке. Разработка выпарной установки для термического обессоливания продувочных вод оборотных циклов цеха холодной прокатки трансформаторной стали и сточных вод химической водоочистки заводской теплоэлектроцентрали позволила обеспечить замкнутость (бессточность) всей системы водного хозяйства.

Безотходная замкнутая система производственного водоснабжения ООО «ВИЗ-СТАЛЬ», построенная 45 лет назад в комплексе крупнейшего в черной металлургии цеха холодной прокатки трансформаторной стали Верх-Исетского металлургического завода,

является прототипом многих современных отечественных и зарубежных систем. При ее создании были разработаны уникальные технологии и оборудование [1–5].

В 1961 г. Совет Министров РСФСР принял решение о создании комплекса цеха холодной прокатки трансформаторной стали в Свердловске (ныне Екатеринбург) на базе Верх-Исетского металлургического завода. Напомним, что в 1928 г. Верх-Исетский металлургический завод первым в стране приступил к выпуску электротехнической трансформаторной горячекатаной стали. В послевоенный период Верх-Исетский металлургический завод был единственным в стране предприятием, выпускавшим трансформаторную сталь, хотя потребность в ней была огромной. В эти же годы за рубежом было освоено производство холоднокатаной трансформаторной стали. В его основе – новая технология, обеспечивающая стали лучшие электромагнитные свойства, низкие ваттные потери, высокую магнитную индукцию, оптимальные геометрические характеристики. Эксплуатация электромашин из холоднокатаной стали позволила сократить потери электроэнергии на 60%, снизить потребление меди на 13–15 %, а расход листовой стали уменьшить на четверть. Выпуск стали в рулонах открыл новые возможности механизации труда при штамповке деталей трансформаторов и других электрических машин. Однако зарубежные фирмы по разным причинам не стали продавать в России холоднокатаную трансформаторную сталь, поэтому было решено наладить собственное производство.

Строительство цеха холодной прокатки трансформаторной стали планировалось в центре полуторамиллионного города, непосредственно на берегу Верх-Исетского пруда, вблизи основного водозабора для питьевого водоснабжения Екатеринбурга. Поэтому городские власти потребовали от руководства Верх-Исетского металлургического завода создать такую систему производственного водоснабжения, которая бы полностью исключала попадание сточных вод и отходов их обработки в окружающую среду.

Руководители завода, особенно главный инженер В.С. Ожиганов, отнеслись к этой проблеме с пониманием и поддерживали тех, кто занимался ее решением.

Одновременно на заводе была создана химико-технологическая лаборатория для разработки методов очистки других промышленных сточных вод, загрязнявших р. Исеть. В начале 1960-х гг. на базе лаборатории была организована специальная группа для создания замкнутой системы производственного водоснабжения цеха холодной прокатки трансформаторной стали. Система предусматривала очистку многочисленных и весьма сложных по составу сточных вод. Поэтому в рабочую группу вошли специалисты завода, а также научных и проектных организаций Екатеринбурга. В ПТП «Уралэнергочермет» разрабатывали флотационную технологию очистки маслоэмульсионных сточных вод. В ПТП «Уралэнергоцветмает» были выполнены экспериментальные исследования по очистке от пальмового масла оборотной воды стана холодной прокатки, а также проверялась эффективность применения осветлителей с взвешенным осадком в схемах очистки сточных вод.

Наибольшее внимание уделялось техническим ращениям по переработке отходов, полученных при очистке загрязненных технологических вод. В Уральском отделении ВНИИМТ была разработана установка для сжигания маслоотходов. Технология обезвоживания осадков сточных вод на фильтр-прессах ФПАКМ-25 была отработана заводскими специалистами. СвердНИИхиммаш и ГПИ «Уралгипрохим» разработали выпарную установку для термического обессоливания продувочных вод оборотных циклов цеха холодной прокатки трансформаторной стали и сточных вод химической водоочистки заводской ТЭЦ. Это позволило обеспечить замкнутость (бессточность) всей системы производственного водоснабжения.

Проектная документация для строительства замкнутой системы производственного водоснабжения с очистными сооружениями была разработана генеральным проектировщиком цеха холодной прокатки трансформаторной стали – институтом «Уралигпромез» по руководством А.В. Рылова. Строительство цеха началось 10 марта 1966 г. Пуск цеха и очистных сооружений в эксплуатацию состоялся в октябре 1973 г.

За наладку очистных сооружений, входящих в замкнутую систему водоснабжения, отвечал Ю.В. Бобылев, заместитель начальника цеха водоснабжения и очистки промышленных стоков. Все, что было необходимо переделать, добавить или изменить, он быстро претворял в

жизнь. К началу 1974 г. (достаточно быстро для совершенно новой технологии) стало ясно, что очистные сооружения в целом работоспособны и вносят существенный вклад в защиту окружающей среды, в том числе в сохранение чистоты уникального Верх-Исетского пруда.

Таким образом, впервые в мире в отрасли черной металлургии 45 лет назад была введена в эксплуатацию безотходная замкнутая система производственного водоснабжения для крупнейшего металлургического комплекса. Для сравнения, в США аналогичная система появилась на 10 лет позже.

В 1981 г. коллективу разработчиков была присуждена Государственная премия СССР в области техники «За разработку и внедрение безотходной системы водного хозяйства цеха холодной прокатки Верх-Исетского металлургического завода с целью охраны окружающей природной среды». Это была первая в стране государственная премия по природоохранной тематике. Отметим, что массовое строительство замкнутых систем производственного водоснабжения за рубежом началось более 20 лет назад, когда появились «предприятия с нулевым сбросом сточных вод».

В России было построено и введено в эксплуатацию большое количество (более 3500) предприятий разных отраслей промышленности с эффективными системами производственного водоснабжения. При их создании в значительной степени был использован опыт Верх-Исетского металлургического завода, особенно в части переработки твердых отходов и обессоливания сточных вод.

Следует отметить, что за период эксплуатации замкнутая система Верх-Исетского завода успешно работала без каких-либо серьезных изменений. Единственное новшество заключалось в том, что маслосодержащие стоки с помощью центробежных установок подвергаются концентрированию. При этом резко уменьшается их количество, подаваемое на сжигание, что имеет существенный экономический эффект.

По разным причинам, в 1990-е гг. в России работы по созданию таких систем практически прекратились. Возобновились они только в новом столетии в ходе технического перевооружения черной металлургии. При этом ряд предприятий (например, Березовский электрометаллургический завод), а также отдельные цеха и агрегаты (листопрокатный цех №11 на Магнитогорском металлургическом комбинате) были оснащены бессточными или «малосточными», экологически безопасными системами производственного водоснабжения [5–8].

Важнейшим достижением последнего времени является недавно завершенная модернизация системы производственного водоснабжения на Новолипецком металлургическом комбинате по Программе, разработанной компанией ЭКО-ПРОЕКТ. Главной задачей модернизации системы являлся поиск оптимального по затратам варианта изменения ее структуры, при котором обеспечивалось бы выполнение технических требований потребителей воды и достижение нормативных экологических показателей, а также рациональное использование воды внешнего источника. Указанная задача была решена с помощью разработанной в компании ЭКО-ПРОЕКТ методики математического моделирования сложных систем производственного водоснабжения [7]. Математическая модель позволила выполнить прогноз концентрации солевых компонентов во всех подсистемах (оборотных циклах и др.) общей системы производственного водоснабжения комбината при разных схемах «перекоммутации» водных потоков и величинах солевой продувки системы в окружающую среду, вплоть до «нулевого сброса», т.е. создания полностью замкнутой, бессточной системы.

Вариантом с наименьшими затратами признана «малосточная» система комбината с минимально необходимой солевой продувкой из нее в р. Воронеж в виде нормативно-очищенных от загрязняющих компонентов сточных вод. Выполнение нормативных требований по солевым компонентам достигалось путем смешения продувочных вод с очищенными маломинерализованными сточными водами городских очистных сооружений. Одновременно были внедрены локальные системы оборотных циклов водоснабжения – газоочистки доменной печи № 7 и вакууматора конвертерного цеха № 2. Таким образом, реконструкция системы производственного водоснабжения Новолипецкого металлургического комбината была завершена [8].

К настоящему времени в достаточном объеме определены направления развития полностью и частично замкнутых («малосточных») систем, которые удовлетворяют производственным и природоохранным требованиям в металлургии [9–11]. В первую очередь, это создание локальных оборотных циклов, в том числе с применением»сухих» градирен, двухсторонних систем охлаждения оборудования, установок по обработке и утилизации отработанных концентрированных технологических растворов, установок глубокой очистки и обессоливания для повторного использования продувочных и промышленно-ливневых вод, малогабаритных установок для очистки малого количества особо опасных сточных вод, установок переработки осадков (отходов).

Все это должно быть дополнено применением сверхчистой воды в основной технологии, мероприятиями по экономии воды и уменьшению поступления в сточные воды загрязнителей (ванны-ловушки и каскадная промывка при химической обработке металла), заменой высокотоксичных веществ, попадающих в сточные воды, менее опасными. Выбор указанных подходов очевиден, поскольку в отработанных концентрированных растворах сосредоточено более 80 % растворимых токсичных соединений, в осадках (те же видоизмененные концентраты) – примерно столько же. Поэтому переработка только этих видов в значительной мере решает проблему загрязнения окружающей среды.

ВЫВОДЫ

Первая в серной металлургии замкнутая система производственного водоснабжения, созданная 45 лет назад на Верх-Исетском металлургическом заводе в комплексе цеха холодной прокатки трансформаторной стали, до сих пор успешно выполняет свои функции. С учетом местных условий строительства и эксплуатации подтверждается правильность выбора концепции и основных технических решений, которые во многом определили пути создания бессточных и «малосточных», экологически безопасных систем производственного водоснабжения на предприятиях черной металлургии и других отраслей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксенов В.И.* Замкнутые системы водного хозяйства металлургических предприятий. М.: «Металлургия», 1983. 98 с.
2. *Ожиганов В.С., Иванцов Г.Б.* Быль о чистой воде. Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1985. 160 с.
3. *Яковлев С.В.* и др. Водоотводящие системы промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1990.
4. *Аксенов В.И., Беличенко Ю.П., Галкин Ю.А.* Замкнутые системы водопользования на трубных предприятиях. М.: Металлургия, 1987. 112 с.
5. *Пыриков А.Н.* и др. Пути решения экологических порблем в черной металлургии // Сталь. 2008. № 5. С. 99–102.
6. *Галкин Ю.А.* Инновационные технологии водоподготовки для основных переделов черной металлургии // Сталь. 2009. № 3. С. 92–93.
7. *Галкин Ю.А.* Технологическая модель сложных систем водного хозяйства промышленных предприятий и комплексов // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 6. С. 27–31.
8. *Галкин Ю.А.* Разработка и результаты применения отстойников-флокуляторов для очистки оборотной воды металлургических заводов России и Украины // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 2. С. 5–9.
9. *Аксенов В.И., Архипова О.А., Сидорова И.А., Ничкова И.И.* Создание замкнутых систем водоснабжения металлургических предприятий // Сталь. 2005. № 9.
10. *Аксенов В.И.* и др. Водное хозяйство промышленных предприятий: справ. изд-е: В 6 кн. Кн. 2. М.: Теплотехник, 2005. 432 с.
11. *Алферова Л.А., Нечаев А. И.* Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. М.: Стройиздат, 1984.

УДК 622:628.54

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В.
ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия
mail@eco-project.ru

Ключевые слова: горнорудные предприятия, сточные воды, тяжелые цветные металлы, сульфаты, соединения азота, взвешенные вещества, нефтепродукты, глубокая очистка, отстойник-флокулятор «ЭП ОФ».

В ООО «Научно-проектная фирма ЭКО-ПРОЕКТ» разработана технология глубокой реагентной очистки сточных вод горнорудных предприятий от тяжелых цветных металлов, сульфатов, соединений азота, взвешенных веществ, органических веществ и нефтепродуктов в отстойниках-флокуляторах «ЭП ОФ» с доочисткой осветлительным фильтрованием или на биопрудах и биологических плато. При простоте процесса и экономически приемлемых затратах технология обеспечивает экологическую безопасность сточных вод с некоторым превышением ПДК по ряду малоопасных компонентов (кальций, сульфаты, сухой остаток). Очистные сооружения введены в эксплуатацию на Сибайском месторождении медно-цинковых руд (до 400 м^3/ч), на угольной шахте «Увальная» Кузнецкого угольного бассейна (I-й пусковой комплекс - 450 м^3/ч) и на других предприятиях.

INNOVATIVE TECHNIQUES OF THE MINING PLANTS' WASTE WATER TREATMENT

Galkin Y.A., Ulasovets Y.A., Obadin D.N., Yermakov D.V.
OOO «Scientific/designing Firm «Eko-Proyekt», Ekaterinburg, Russia
mail@eco-project.ru

Key words: mining plants, waste waters, heavy non-ferrous metals, sulfates, nitrogen compounds, petroleum products, suspended matter, fine cleaning, "EP OF" settling flocculator

OOO "Scientific/designing Firm "Eko-Proyekt" has developed a technique of fine agent treatment of mining plants' waste waters in terms of heavy non-ferrous metals, sulfates, nitrogen compounds, organic matter and petroleum products in "EP OF" settling flocculators with secondary treatment by clarification filtration or at biological pools and biological plateau. Though simple and relatively cheap, the technique provides ecological safety of waste waters with certain excess of maximal permissible concentration of low-hazardous elements (calcium, sulfates, and dry residue). The treatment facilities were commissioned at the Sibay deposit f copper/zinc ores (up to 400 m3/hour capacilty), at the "Uvalnaya" coal mine of Kuznetsl Coal Basin (1st unit's capacity 450 m3/hour) and at some other enterprises.

Сточные воды горнорудных предприятий (шахт, рудников и карьеров) формируются преимущественно из сопутствующих вод атмосферного и подземного происхождения, загрязненных вследствие водной эрозии отвалов пустых пород и некондиционных полезных ископаемых. Как правило, качество сточных вод по ряду показателей не соответствует нормативам на сброс в природные водоемы, поэтому технология очистки должна предусматривать корректировку величины pH, выделение взвешенных веществ и органических соединений (в том числе нефтепродуктов), тяжелых металлов, железа, сульфатов и соединений группы азота.

Технология очистки сточных вод горнорудных предприятий должна быть, с одной стороны, надежной и гарантировать снижение концентрации ингредиентов-загрязнителей до нормируемых показателей, а с другой, – должна быть технико-экономически оправданной для использования хозяйствующим субъектом.

Научно-проектной фирмой ЭКО-ПРОЕКТ разработана технология очистки сточных вод от тяжелых цветных металлов, сульфатов, нефтепродуктов, органических соединений, аммонийного азота и взвешенных веществ для предприятий добычи и переработки руд цветных металлов и угольных шахт. Благодаря применению отстойников-флокуляторов «ЭП ОФ» и использованию других технологических приемов метод обладает стабильно высокой эффективностью при колебании качества и расхода сточных вод.

Разработанная в ЭКО-ПРОЕКТ комплексная технология очистки включает в себя следующие стадии:

Стадия 1. Реагентная обработка точных вод с последующим флокуляционным перемешиванием и тонкослойным отстаиванием на отстойниках-флокуляторах. За счет оптимально организованных процессов смешивания, флокуляционного перемешивания и отстаивания, а также использования высокоэффективного оборудования (смесителя, отстойников-флокуляторов «ЭП ОФ») обеспечивается глубокая очистка стоков от взвешенных веществ, нефтепродуктов, тяжелых металлов, железа. Также происходит частичное удаление сульфатов (в виде до уровня растворимости гипса) и аммонийного азота за счет отдувки в щелочной среде.

Стадия 2. Для доочистки осветленной воды предусмотрено применение одного из двух методов:

- Фильтрование (через зернистую загрузку или перегородку – ультрафильтрация).
- Биологический метод, на биопрудах и биологических плато. Метод обладает высокой эффективностью доочистки сточных вод от тяжелых металлов, нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Предлагаемая принципиальная схема комплексной технологии очистки сточных вод горнорудных предприятий представлена на рис. 1.

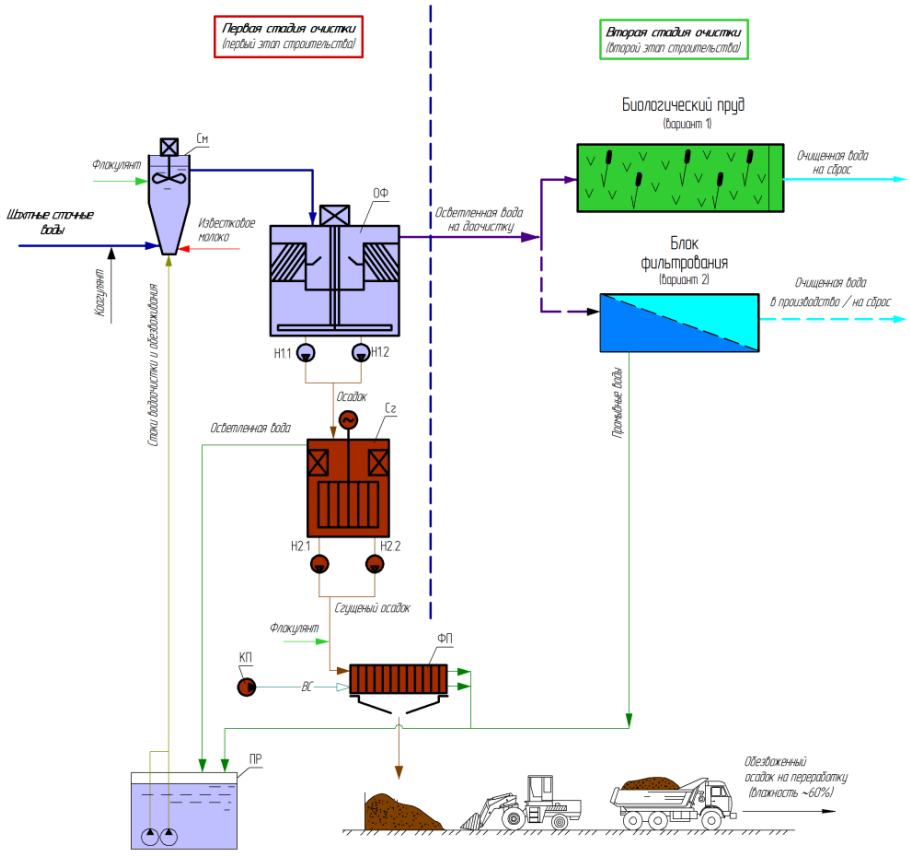


Рис. 1. Принципиальная схема очистки сточных вод горнорудных предприятий: См – смеситель, ОФ – отстойник-флокулятор типа «ЭП ОФ», Сг – отстойник-флокулятор типа «ЭП$_{Сг}$» для сгущения осадка, ФП – фильтр-пресс, КП – компрессор, ПР – приемный резервуар, Н1,2 – насосы.

Промышленные установки с использованием изготовленного ЭКО-ПРОЕКТ специального водоочистного оборудования успешно функционируют на Сибайском месторождении медно-цинковых руд (до 400 м^3/ч), на угольной шахте «Увальная» Кузнецкого угольного бассейна (I-й пусковой комплекс – 450 м^3/ч) и на других предприятиях.

Предлагаемая технология позволяет максимально обезвредить сточные воды, обеспечив их безопасность для окружающей среды, несмотря на превышение ПДК по ряду малоопасных показателей (кальций, сульфаты, сухой остаток).



Рис. 2. Сооружения очистки шахтных и подотвальных вод медно-цинкового рудника. Блок физико-химической очистки и обезвоживания осадка производительностью 400 м^3/ч.



Рис. 3. Сооружения очистки шахтных вод угольной шахты «Увальная» Кузнецкого угольного бассейна (I-й пусковой комплекс – 450 м^3/ч).

УДК 628.17

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЩЕЗАВОДСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАК ОСНОВЫ ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В КОМПЛЕКСНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ РАЗРЕШЕНИИ

Галкин Ю.А., Обадин Д.Н.
ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия
mail@eco-project.ru

Ключевые слова: система производственного водоснабжения предприятия, реконструкция, системный подход, математическая модель, оптимизация, Программа реконструкции.

В ООО «Научно-проектная фирма ЭКО-ПРОЕКТ» разработана инновационная технология поиска оптимального по технико-экономическим показателям варианта Программы реконструкции общезаводских систем производственного водоснабжения. При этом качество водно-шламовых потоков в реконструированной системе гарантированно отвечает технологическим и экологическим требованиям. Технология базируется на системном подходе, позволяющем создать математическую модель и найти с ее использованием оптимальный вариант реконструкции. Программа реконструкции может быть также использована при получении Комплексного экологического разрешения и при создании АСУ ТП водного хозяйства предприятия.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE OPTIMAL PROGRAMS FOR RECONSTRUCTION OF THE PLANT SYSTEM OF INDUSTRIAL WATER SUPPLY A A BASIS FOR THE PROGRAM OF ECOLOGICAL EFFECTIVENESS IN INTEGRATED ECOLOGICAL PERMISSION

Galkin Y.A., Obadin D.N.
OOO «Scientific/designing Firm «EKO-PROYEKT»
mail@eco-project.ru

Key words: industrial water supply system for a separate plant, reconstruction, system approach, mathematical model, optimization, program of reconstruction

OOO «Scientific/designing Firm «EKO-PROYEKT» has developed an innovative technique of research of an optimal by engineering/economic characteristics version of the Program of reconstruction of the plant systems of industrial water supply. At that, the water-slime flows quality in the reconstructed system satisfy with guarantee all technological and ecological requirements. The technique uses a system approach that enables to build a mathematical model and to find with it the optimal version of reconstruction. The reconstruction program can be used as well for obtaining of an Integrated Ecological Permission and for establishment of the automatic control system for a plant's water supply.

Необходимость разработки Программ реконструкции систем производственного водоснабжения предприятий (СПВ) вызвана накоплением значительных проблем: перерасходом воды из внешних источников, образованием большого объема загрязненных производственно-дождевых сточных вод, негативным влиянием на результаты производственной деятельности низкого качества используемой технологической воды, ужесточением экологического законодательства, необходимостью иметь полную и достоверную информацию по существующему и прогнозируемому при поэтапной реконструкции СПВ положению. На базе Программы реконструкции СПВ также можно подготовить Программу повышения экологической эффективности СПВ в составе заявки на получение комплексного экологического разрешения для предприятия 1-й категории.

Под СПВ предприятия в данной статье понимается совокупность всех входящих в нее подсистем: оборотных циклов, прудов разного назначения, локальных очистных сооружений, производственно-дождевой канализации, шламонакопителей, других объектов и связывающих указанные подсистемы между собой водно-шламовых сетей (потоков). Благодаря последнему, СПВ не является арифметической суммой изолированных объектов, а представляет собой сложную сетевую структуру, единство взаимосвязанных, взаимовлияющих подсистем (пример – рис. 1).

Отсюда следует, что состав воды в каждой подсистеме, в т.ч. на отводе в водный объект, формируется не только за счет местных факторов данной подсистемы, индивидуально, но и в значительной, хотя и в разной, степени при их взаимном влиянии посредством водно-шламовых потоков. Изменение водно-солевого баланса в каждой из подсистем при их строительстве или реконструкции приводит к его изменению в разной степени и в других подсистемах, а одна и та же цель по совершенствованию СПВ может быть достигнута совершенно разными техническими решениями.

Таким образом, становится ясным, что для поиска оптимального по технико-экономическим и экологическим критериям варианта реконструкции СПВ, необходимо рассматривать ее именно, как систему в методическом смысле, т.е. применить системный подход. Системный подход, это направление методологии научного познания и практических решений, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов; совокупности взаимодействующих объектов; совокупности сущностей и отношений. Части (объекты), образующие систему, называются ее элементами (подсистемами). Изучением и практическим применением систем занимаются такие инженерные и научные дисциплины, как теория систем, системный анализ, системная инженерия /1/.

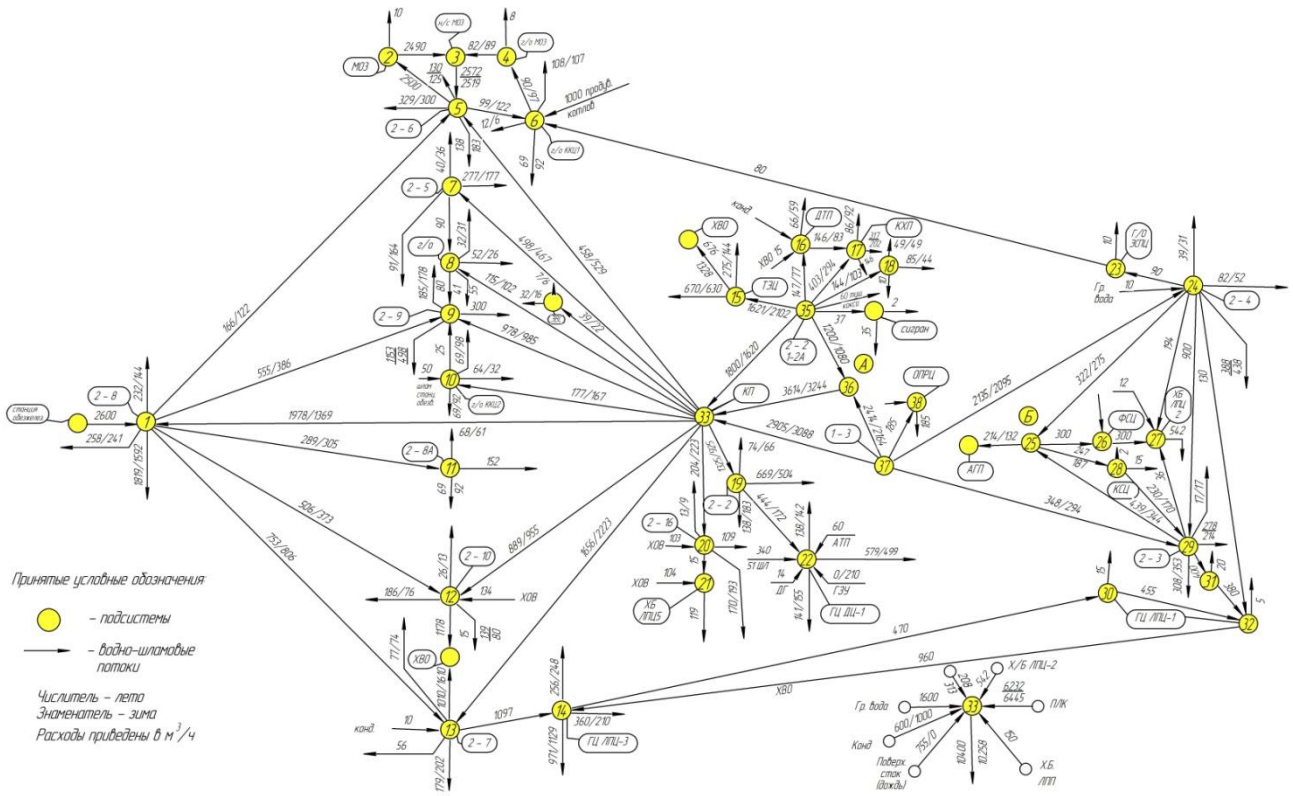


Рис. 1. Структура системы производственного водоснабжения (СПВ) металлургического комбината (пример).

Существующие СПВ – их общая структура, проектировались, исходя из ряда декларируемых принципов: максимальный водооборот и минимальное прямоточное

использование воды, каскадное построение циклов, повторно-последовательное использование воды, взаимное резервирование подсистем, очистка сточных вод в оборотных циклах, на локальных очистных сооружениях и на производственно-дождевой канализации и их использование в СПВ предприятия в качестве подпиточной воды, в чем видны определенные элементы системного подхода /2-9/. Однако этот подход не был вполне осмыслен и доведен до разработки методов расчета состава воды в СПВ со сложной сетевой структурой, характерной для практически всех металлургических предприятий. Он не учитывает наличие взаимовлияния, возрастающего по мере увеличения степени замкнутости СПВ до перехода, в пределе, к бессточному, беспродувочному режиму, не позволяет учитывать и использовать эффекты и потенциал взаимодействия объектов-подсистем для поиска оптимальных по технико-экономическим показателям вариантов реконструкции СПВ, не гарантирует, ввиду несовершенства расчетной методики, что в результате законченной реконструкции СПВ фактические показатели водно-шламовых и солевых балансов будут соответствовать проектным.

По мере ухудшения в стране экологической ситуации, в т.ч. и по указанным причинам, актуальность создания более совершенной технологии проектирования сложных СПВ возрастала. Инициативные работы по созданию новой, адекватной методологии и соответствующей технологии проектирования были начаты в Уралгипромезе, г. Екатеринбург, и вскоре (с 1993 г.) были продолжены и завершены этими же специалистами уже в Научно-проектной фирме ЭКО-ПРОЕКТ. При этом в качестве методологической базы разработок был принят системный подход, в основе которого лежит рассмотрение объекта, как целостного комплекса взаимосвязанных элементов.

Основной результат разработки – создание математической модели СПВ в виде системы дифференциальных и алгебраических уравнений, которая позволяет рассчитать концентрации химических компонентов во всех водно-шламовых потоках, провести компьютерный анализ поведения СПВ под влиянием внешних и внутренних факторов, найти оптимальную по технико-экономическим показателям структуру СПВ и ее параметры /10–11/.

Впервые практическое применение созданной методики было осуществлено при разработке Программы реконструкции СПВ Новолипецкого металлургического комбината. Реконструкцию СПВ комбинат выполнял в течение 10 лет и завершил в 2009 г. При этом полученные результаты соответствуют прогнозируемым в Программе. Комбинату была присуждена Национальная экологическая премия им. В.И. Вернадского. Результаты реконструкции СПВ на НЛМК:

- фактический химический состав воды и величина водно-шламовых потоков, в т.ч. при отводе в р. Воронеж, соответствуют прогнозируемым по математической модели;
- потребление воды из внешних источников снижено с 15–16 до 3,3 тыс. $м^3$/час (зимой) и до 4,9 (летом);
- сброс сточных вод комбината в р. Воронеж сокращен с 8–10 до 0,4 тыс. $м^3$/час, он является солевой продувкой, не содержит токсичных компонентов и соответствует экологическим требованиям;
- установлены и реализованы пути значительного снижения капитальных и эксплуатационных затрат. Одним из основных факторов экономии явилось исключение из предложенной схемы СПВ станции обессоливания сточных вод стоимостью порядка 5 млрд. руб. с эксплуатационными затратами порядка 3 млн руб. в сутки. Такое решение было обосновано путем выполнения расчетов химического состава воды в водно-шламовых потоках по математической модели.

Сравнение технико-экономических показателей по вариантам реконструкции СПВ с использованием традиционных и инновационного системного подхода при разработке ЭКО-ПРОЕКТом Программ реконструкции по Челябинскому металлургическому комбинату, Синарскому трубному заводу, 9 металлургическим заводам, 5 предприятиям цветной металлургии и 3 машиностроительным предприятиям показывает возможность снижения

капитальных затрат на реконструкцию СПВ от 1,5 до 2 и более раз, а эксплуатационных – ориентировочно в том же соотношении.

Разработанная Программа реконструкции СПВ также может быть использована в следующих целях:

- как источник информации для подготовки Программы повышения экологической эффективности предприятий I-й категории, в составе заявки на получение Комплексного экологического разрешения, необходимость которого требуется по изменившемуся экологическому законодательству;
- при создании автоматизированной системы контроля сброса сточных вод для предприятия I-й категории в соответствии с требованиями нового экологического законодательства;
- при разработке АСУ ТП функционирования СПВ, поскольку появится возможность прогнозировать величину параметров СПВ при возможном варьировании различных внешних и внутренних факторов: изменения погодных условий или режима работы локальных водных объектов, подключения новых потребителей, перехода на подпитку СПВ из другого источника с отличающимся составом воды, изменения продувочного расхода из СПВ предприятия и многое другое.

Наряду с оптимизацией общей схемы СПВ с помощью математической модели в Программе предполагается также применение наилучших доступных технологий для реконструкции и строительства новых входящих в нее «локальных» объектов.

Результатом предлагаемой ЭКО-ПРОЕКТом работы будет Программа реконструкции СПВ по оптимальному варианту. Для этого будет проведено предварительное обследование СПВ и проверка адекватности собранных исходных данных с помощью той же модели. Будут проработаны целесообразные варианты реконструкции СПВ и определены все необходимые для выполнения проектной документации исходные данные: номенклатура реконструируемых, ликвидируемых и новых объектов, их технологические параметры, принципиальные технологические решения, основное технологическое оборудование, потребление энергии и материалов, операционные расходы на технологические процессы, количество и состав водно-шламовых потоков и образующихся отходов, оценка капитальных затрат на строительство и реконструкцию по собственно объектам и очередям реконструкции, размещение объектов на генплане завода, достигаемые технологические и экологические результаты на каждой очереди реконструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волкова В.Н., Денисов А.А.* Теория систем и системный анализ. Санкт-Петербургский государственный университет; изд-во Юрайт, 2014. (для студентов вузов и специалистов, связанных с проектированием сложных технических комплексов, разработкой информационных систем, принятием решений при управлении техническими и социально-экономическим объектами и процессами).
2. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: ФГУП ЦПП, 2006. 128 с.
3. Указания по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий. Очистные сооружения и защита водоемов // ОРД 14.397-2.02-87. Утв. Черметэнерго и Черметпроектом МЧМ СССР, 1987.
4. *Пономарев В.Г., Иоакимис Э.Г.* Образование и очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М.: Союз Дизайн, 2009. 352 с.
5. *Пантелят Г.С., Карп Б.Х.* Расчет солесодержания в полностью замкнутых системах оборотного водоснабжения газоочисток доменных печей // Сталь. 1981. № 7. С. 83–86.
6. *Красавцев Г.Н., Ильичев Ю.И., Кашуба А.И.* Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии. М.: Металлургия, 1989. 288 с.

7. *Алферова Л.Г., Нечаев А.П.* Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов / под общ. ред. С.В. Яковлева. М: Стройиздат, 1984. 272 с.
8. *Браславский И.И.* и др. Проектирование бессточных систем промышленного водоснабжения. Киев: Будівельник, 1977. 204 с.
9. Всесоюзное совещание «Разработка и внедрение бессточных систем водообеспечения на промышленных предприятиях»: тезисы, 1981. 108 с.
10. *Галкин Ю.А.* и др. Замкнутые системы водопользования на трубных предприятиях. М., «Металлургия», 1989. 288 с.
11. *Галкин Ю.А.* Инновационные технологии систем производственного водоснабжения заводов черной металлургии: автореф. дис. д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2011. 58 с.

УДК 628.32

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВЕННО-ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В.
ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия
mail@eco-project.ru

Ключевые слова: производственно-дождевая канализация, очистные сооружения, принцип динамического регулирования, система «станция динамического регулирования – отстойник-флокулятор «ЭП ОФ».

На основе принципа динамического регулирования в ООО «Научно-проектная фирма ЭКО-ПРОЕКТ» разработана технологическая система: «станция динамического регулирования – отстойник-флокулятор «ЭП ОФ». Система предназначена для использования в качестве основы при разработке очистных сооружений производственно-дождевой канализации в усложненных условиях – при непрерывном притоке производственных сточных вод и нестационарных значениях расхода, концентрации компонентов и температуры. Основанные на ней сооружения обладают высокой эффективностью по извлечению широкого спектра загрязняющих компонентов, находящихся в разном фазово-дисперсном состоянии, упрощенной технологией обработки воды и отходов, гибкой и компактной компоновочной структурой, высокими технико-экономическими показателями. Разработанная технологическая система используется при проектировании, строительстве и эксплуатации очистных сооружений в крупных городах, на предприятиях машиностроения, металлургии и других отраслей народного хозяйства.

INDASTRIAL/RAINSTORM SEWAGE SYSTEM WASTE WATER TREATMENT

Galkin Y.A., Ulasovets Y.A., Obadin D.N., Yermakov D.V.
OOO «Scientific/designing firm «EKO-PROYEKT», Ekaterinburg, Russia
mail@eco-project.ru

Key words: industrial/rainstorm sewage system, treatment facilities, principle of dynamic regulating, «dynamic regulating station– settling flocculator «EP OF» system.

OOO «Scientific/designing firm «EKO-PROYEKT» has developed a technological system based on the principle of dynamic regulating: «dynamic regulating station– settling flocculator» EP OF» system. The system is intended for the use in the industrial/rainstorm sewage system or operation in more complicated conditions, .i.e. waste water continuous input and non-stationary values of flow rate, components' concentration and temperature. Such facilities demonstrate high effectiveness in withdrawing a wide range of pollutants in various phase/dispersed conditions, simplified technique of water/waste processing, flexible and compact setting-up, and high technical/economic characteristics. The developed technological system is used in designing, construction and operation of water treatment facilities in major cities, at machine-building, metallurgic and other industrial plants.

Системы производственно-дождевой канализации широко распространены не только на производственных площадках, но и на территории промышленных городов. В сравнении с дождевыми канализациями они характеризуются наличием практически непрерывного поступления производственных сточных вод с близким к постоянному или с переменным расходом. Номенклатура и концентрация компонентов «производственной части» сточных вод переменны и индивидуальны, поскольку определяются специализацией предприятий и технологическими особенностями их водного хозяйства. Вследствие загрязнения территории и атмосферы, характер производственных процессов может влиять также и на состав поверхностных сточных вод, поступающих в производственно-дождевую канализацию /1/. Нормативная база для проектирования очистных сооружений таких систем и технологические решения разработаны в недостаточной мере.

Наиболее близким аналогом для производственно-дождевой канализации являются системы сбора, отведения и очистки поверхностного стока (дождевые канализации) /2-10/. На очистные сооружения сточные воды поступают периодически, с переменным расходом, а фазы поступления и отсутствия стока имеют разную и неопределенную продолжительность, определяемую их вероятностным характером. Технические решения по очистным сооружениям данной системы основаны на принципах регулирования расхода, отстаивания и усреднения состава сточных вод, осуществляемых в статическом режиме. Принципиальные блок-схемы по вариантам 1, 2 и 3 приведены в рекомендациях /3/. Их рассмотрение с позиции целесообразности применения при создании или реконструкции системы производственно-дождевой канализации, особенно очистных сооружений, показывает следующее:

1. Ввиду непрерывного, возможно − с переменным расходом, поступления на очистные сооружения через разделительную камеру производственных сточных вод, АР будет постоянно заполнен, что не позволит аккумулировать в нем периодический поверхностный сток.

2. Кроме осаждаемого песка в очистных сооружениях на АР и на УГОС образуется также два вида влажных осадков, с отличающимися свойствами, требующие индивидуальной технологии переработки. При постоянном поступлении производственных сточных вод количество образующихся осадков может существенно увеличиваться, причем паузы между периодами присутствия в АР воды, необходимые для удаления из него осадка, отсутствуют. В случае же откачки осадка насосами из приямков в АР, значительно усложняется его конструкция, возрастает, за счет разбавления водой, количество и влажность осадка, требующего вывоза или переработки.

3. Практическая недостижимость в АР необходимой степени усреднения состава и расхода постоянных производственных и периодических атмосферных вод, подаваемых на УГОС.

Технологическая система «станция динамического регулирования – отстойник-флокулятор «ЭП ОФ» разработана для использования в технологии очистки сточных вод производственно-дождевой канализации, для которой характерна гидродинамическая, концентрационная и температурная нестационарность. В отличие от концепции статического регулирования, положенной в основу очистки периодического поверхностного стока, предложенная технологическая система основана на принципе непрерывного – динамического регулирования (рис. 1).

Станция динамического регулирования является первым элементом разработанной технологической системы и предназначена для регулирования расхода и объема поступающих сточных вод, в т.ч. для сглаживания кратковременных пиковых значений расхода воды, температуры и концентрации содержащихся в ней компонентов, а также для последующей перекачки на УГОС /13/. Станция динамического регулирования (СДР) представляет собой резервуар круглой в плане формы с концентрическими внутренними перегородками, образующими центральную и периферийные секции. Благодаря круглой форме резервуар СДР является технологичной строительной конструкцией. Количество периферийных секций зависит от объема резервуара и его конструктивного решения. Центральная секция СДР (рис.2) имеет цилиндроконическую форму и конструктивно близка к безнапорному гидроциклону. На ее дне размещены погружные насосы для подачи воды в УГОС.

СДР содержит на самотечном подводящем лотке узел предварительной механической очистки сточной воды, включающий ловушку тяжелых механических включений (без пескоулавливания) и решетку для процеживания.

В случае превышения расхода поступающего стока над максимально допустимой откачкой на УГОС, возможно повышение уровня воды в центральной секции до верха сифонов и поступление воды в первую периферийную секцию. При дальнейшем росте уровня в центральной секции избыточная часть воды будет отводиться через расположенные выше «полусифоны». Заполнение последующих периферийных секций происходит аналогичным образом.

Обратная передача воды в центральную секцию производится вместе с возвращаемой водой через те же сифоны. В зону их всасывания осадок смывается с дна периферийных

секций с помощью «полусифонов». При переполнении всего резервуара в случае выпадения осадков с объемом, соответствующим сверхрасчетному периоду повторяемости, сброс избыточной воды может производиться по выбору оператора через перелив из внешней кольцевой или из центральной секции СДР.

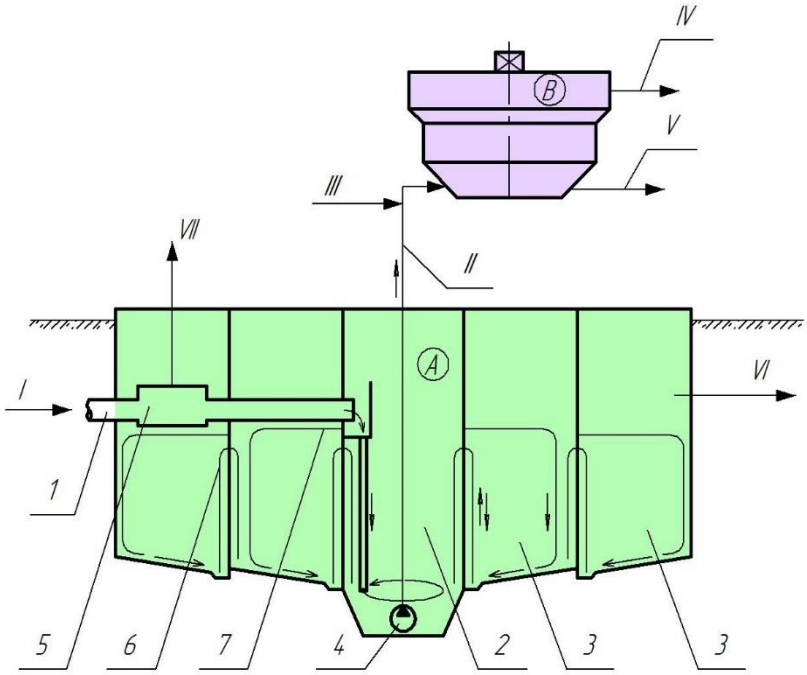


Рис. 1. Технологическая система «станция динамического регулирования − отстойник-флокулятор «ЭП ОФ»: А – станция динамического регулирования, В – отстойник-флокулятор «ЭП ОФ», размещаемый в УГОС; I – исходная сточная вода, II – неосветленная вода на глубокую очистку, III – дозирование реагентов, IV – очищенная вода после отстойника-флокулятора, V – осадок на гравитационно-механическое обезвоживание, VI – отвод сверхрасчетного объема условно-чистой воды, VII – отходы из узла механической очистки сточной воды, VIII – нефтепродукты от скиммера (на схеме не показаны); 1 − подводящий коллектор, 2 – центральная секция станции динамического регулирования, 3 – периферийные секции станции динамического регулирования, 4 – насосы, 5 – оборудование узла механической очистки сточной воды: ловушка крупных оседающих примесей и решетка, 6 – сифоны, 7 – полусифоны, 8 – скиммер (на схеме не показан).



Рис. 2. ПАО «НЛМК». Березовский электрометаллургический завод.
Центральная секция станции динамического регулирования.

Сточная вода транспортируется из СДР без разделения на жидкую и твердую фазы, что упрощает эксплуатацию системы и обеспечивает при глубокой очистке воды и при обработке осадка ряд технологических и экономических преимуществ. В то же время, все указанное выше предъявляет определенные требования к технологии и оборудованию УГОС, главным образом − к первой ступени очистки.

Отстойник-флокулятор «ЭП ОФ» является вторым функциональным элементом разработанной технологической системы. Он играет роль первой, а зачастую − единственной ступени в технологии глубокой очистки сточных вод на УГОС. Принцип динамического регулирования предполагает применение аппарата, обладающего стабильно высокой эффективностью очистки при существенном и быстром изменении величины внешних факторов − расхода, температуры и концентрации компонентов сточных вод. Такими характеристиками в значительной степени обладают разработанные и изготавливаемые в НПФ «ЭКО-ПРОЕКТ» отстойники-флокуляторы типа «ЭП ОФ» /14–16/.

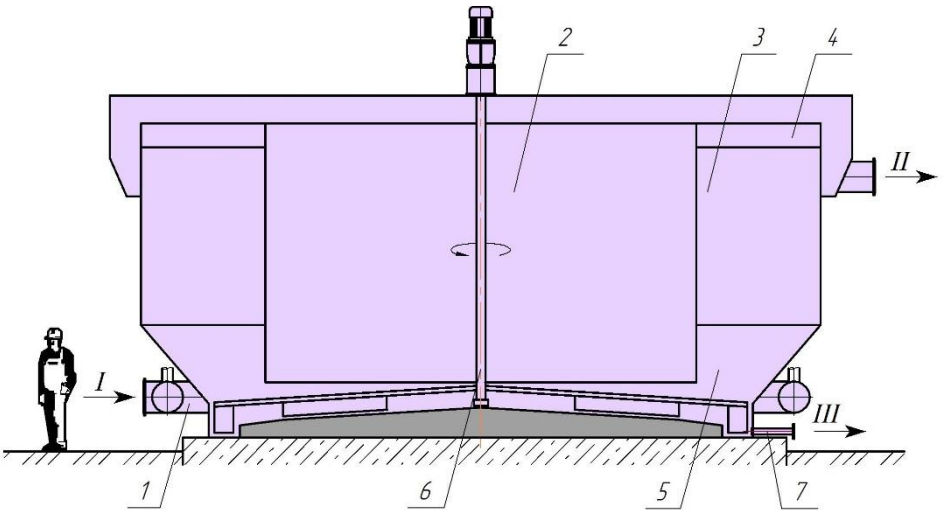


Рис. 3. Принципиальная схема отстойника-флокулятора типа «ЭП ОФ». I – ввод сточной воды, II – выход очищенной воды, III – выход осадка; 1 – система для ввода сточной воды, гидравлического перемешивания и регулирования его параметров, 2 – камера флокуляции (хлопьеобразования, реакции), 3 – камера тонкослойного отстаивания, 4 – система для сбора и отвода осветленной воды; 5 – камера для накопления и первичного сгущения осадка, 6 – скребковый механизм с центральным приводом, 7 – патрубок для отвода осадка.

Аппараты имеют варианты конструкции, связанные с особенностями технологических процессов, в которых они применяются.

Изучение влияния температурных перепадов воды в диапазоне 17 ^{0}C ÷ 35 ^{0}C (Δt = 18 ^{0}C) со скоростью (градиент) g = ± 3,5 ^{0}C/час. показало, что состав осветленной и фильтрованной воды во всех режимах соответствовал требованиям документа «Руководящие указания по коагуляции воды на электростанциях» /17/. Устойчивость эффективности очистки воды при колебаниях расхода и температуры явились факторами, определившими применение отстойников-флокулятров «ЭП ОФ» в качестве первой ступени установки подготовки обессоленной воды Ново-Воронежской АЭС-2. Удельная гидравлическая нагрузка составляла 6,7 м^3/(м^2·ч). Качество очищенной воды превышает установленные технические требования /15/.

Отстойники-флокуляторы «ЭП ОФ» в течение многих лет эксплуатируются на объектах очистки сточных и оборотных вод при высоком значении содержания (до 9 г/дм^3) крупности и плотности вещества твердой фазы и с гидравлической нагрузкой от 7 до 14 м^3/(м^2·ч) /14,16/. Наряду с упрощением эксплуатации, дополнительное содержание крупных частиц в производственно-дождевых сточных водах увеличивает в процессе реагентной очистки сточных вод количество центров агрегации, ускоряет осаждение сформированных

хлопьев и сгущение осадка /18/, уменьшает его удельное сопротивление при механическом /19/ и гравитационном обезвоживании в аппаратах «ОКУД» /16/

В предложенной технологии глубокой очистки производственно-дождевых и поверхностных сточных вод могут быть использованы различные типы реагентов, в т.ч. традиционные коагулянты и флокулянты. Однако оптимальным вариантом является применение водонерастворимых алюмосиликатных высокодисперсных реагентов /20-21/, дозируемых в воду в виде суспензии, в сочетании с флокулянтами, преимущественно − катионного типа.

Табл. 1. Состав производственно-дождевого стока и очищенной воды очистных сооружений ПАО «Уралмаш» после отстойников-флокуляторов «ЭП ОФ» и после осветлительных песчаных фильтров при обработке твердофазным реагентом (60 мг/дм^3) и катионоактивным флокулянтом «Praestol-650BC» (1 мг/дм^3)

Показатель	Состав производственно-дождевого стока	Состав воды после отстойников-флокуляторов «ЭП ОФ»	Состав воды после осветлительных песчаных фильтров
pH	7,2–8,3	7,2–8,3	7,2 – 8,3
Сухой остаток, мг/дм^3	350–600	350–600	350–600
Взвешенные вещества, мг/дм^3	40–350	6–8	0,5–1,5
Нефтепродукты, мг/дм^3	2–8	0,1–0,3	0,03–0,08
Железо (общ), мг/дм^3	2–4	0,2–0,5	0,04–0,16
Медь, мг/дм^3	0,2–0,5	< 0,05	0,01–0,02
Цинк, мг/дм^3	0,1–0,3	0,08–0,2	0,01–0,02
Хром$^{+3}$, мг/дм^3	0,01–0,02	0,003–0,01	0,003–0, 005
Хром$^{+6}$, мг/дм^3	0,02–0,005	0,02–0,003	< 0,01
Марганец, мг/дм^3	0,1–0,3	0,05–0,1	0,01–0,05
CN^- , мг/дм^3	0,005	0,005	0,005
СПАВ, мг/дм^3	0,05–0,15	0,05–0,1	< 0,025
$БПК_5$, мг О/дм^3	–	–	6,63–7,87
ХПК, мг О/дм^3	20–50	12–25	10–16
Температура, ^{0}C	13–22,5	–	12,8–21,0

Изготовленные в НПФ «ЭКО-ПРОЕКТ» аппараты в процессах очистки производственно-дождевых сточных вод имеют производительность: при технологическом диаметре 5 м. – 150 м^3/ч; 9 м. – 400 м^3/ч; 10 м – 600 м^3/ч; 12 м − 900 м^3/ч. Разработана конструкторская документация для производства аппаратов с технологическим диаметром 14 м. на расход 1200 м^3/ч.



Рис 4. ПАО «НЛМК». Березовский электрометаллургический завод. Блок очистных сооружений. Отстойник-флокулятор «ЭП ОФ» с технологическим диаметром 5 м.



Рис. 5. ПАО «Уралмаш», г. Екатеринбург. Очистные сооружения производственно-дождевой канализации. Отстойник-флокулятор «ЭП ОФ» с технологическим диаметром 9 м.

Примеры компоновки очистных сооружений для случаев объединения СДР и УГОС в единый блок показаны на рис. 6 и 7.

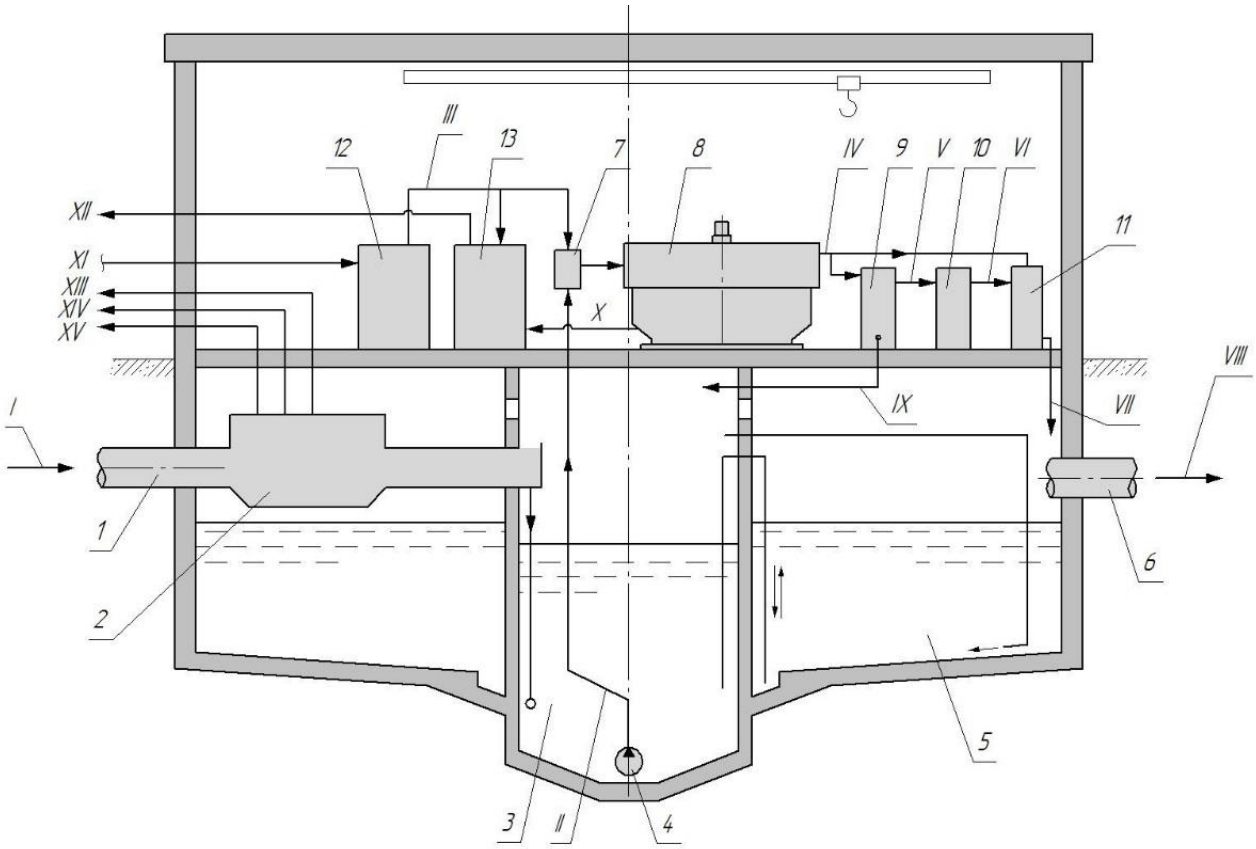


Рис. 6. Схема компоновки блока очистных сооружений: I – поступление сточных вод в СДР, II – подача неотстоянной воды на УГОС, III – подача растворов реагентов для очистки воды и обезвоживания осадка, IV- вода, очищенная на отстойнике-флокуляторе «ЭП ОФ», V – вода после углубленной очистки на осветлительном фильтре, VI – вода после доочистки на специализированном фильтре, VII – очищенная вода в водный объект или в систему производственного водоснабжении; VIII – очищенная и условно-чистая сверхнормативная вода в водный объект или в систему производственного водоснабжения, IX – промывная вода фильтров, X – осадок из отстойника-флокулятора «ЭП ОФ» на обезвоживание, XI – реагенты, XII – обезвоженный осадок на утилизацию, XIII – крупные включения на утилизацию, XIV – мусор на утилизацию, XV – нефтепродукты на утилизацию; 1 – подводящий коллектор, 2 – оборудование механической предочистки сточных вод (решетка, ловушка), 3 – центральная секция СДР, 4 – насосы для подачи неотстоянной воды на УГОС, 5 – периферийная кольцевая секция СДР, 6 – отводящий коллектор, 7 – смесители воды с реагентами, 8 – отстойник-флокулятор «ЭП ОФ», 9 – осветлительный фильтр, 10 - специализированный фильтр, 11 – оборудование для обеззараживания воды, 12 – оборудование для приготовления и дозирования растворов реагентов, 13 – оборудование для гравитационного сгущения и механического обезвоживания осадка.

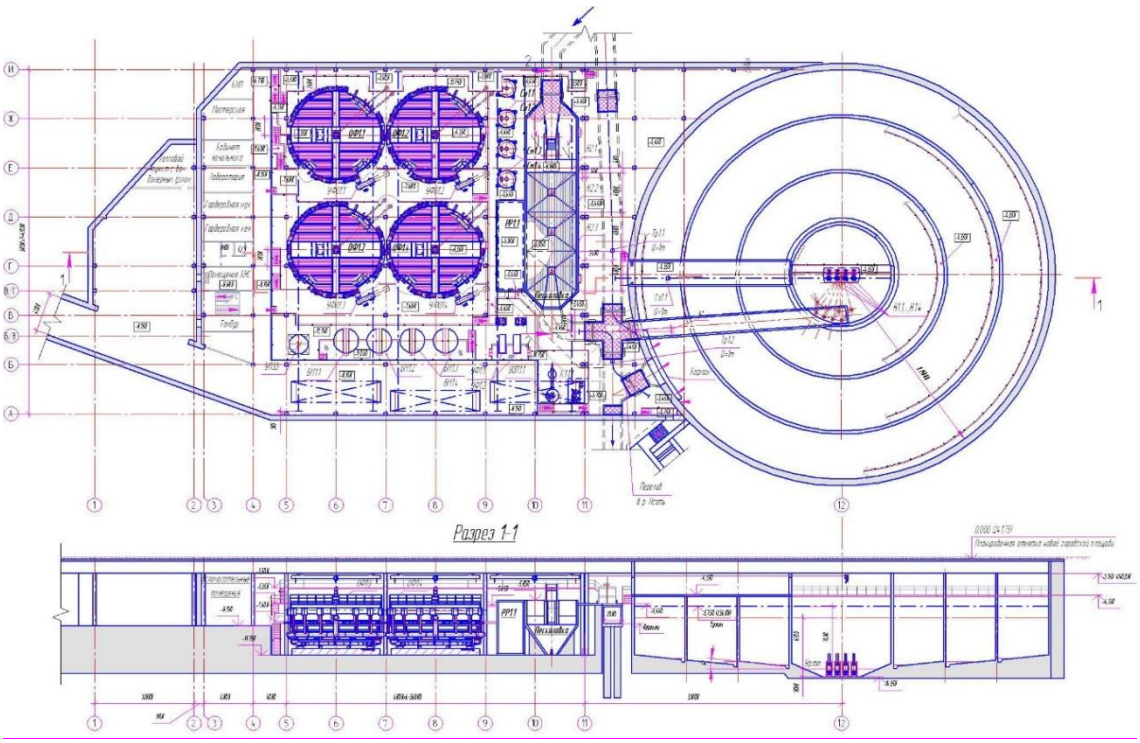


Рис. 7. Блок очистных сооружений производственно-дождевой канализации на Малаховском коллекторе г. Екатеринбурга.

Систему производственно-дождевой канализации или комбинированную с дождевой канализацией систему, создаваемую на основе принципа динамического регулирования для населенных мест и/или промышленных предприятий, наиболее целесообразно структурировать в виде «кустов», рассредоточенных по длине водного объекта с размещением коммуникаций в русле водного объекта (рис. 8).

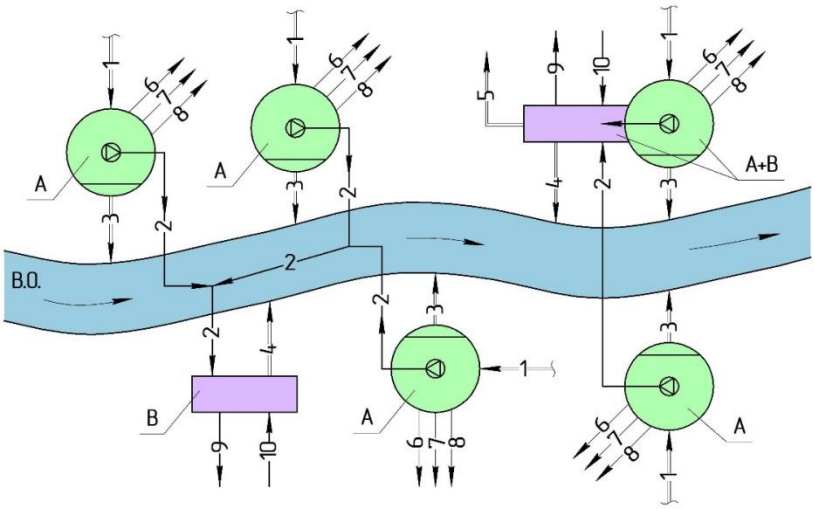


Рис. 8. «Кустовая» система сбора и транспортировки сточных вод: ВО – водный объект; А – СДР, В – УГОС, А+В – блок очистных сооружений; 1 – подводящие коллекторы канализации, 2 – напорные водоводы для подачи сточных вод с зарегулированным расходом из СДР на УГОС, 3 – перелив в водный объект сверхнормативных объемов воды, 4 – отвод очищенных сточных вод из УГОС в водный объект, 5 – подача очищенной воды потребителям, 6 – отходы, задерживаемые ловушкой крупных тяжелых частиц, 7 – отходы, задерживаемые решеткой, 8 – нефтесодержащие отходы от скиммера, 9 – отходы глубокой очистки сточных вод (обезвоженный осадок), 10 – подача реагентов и материалов для глубокой очистки сточных вод и обезвоживания осадка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кичигин В.И., Быкова П.Г.* Исследование физико-химических характеристик поверхностного стока населенных пунктов // ВСТ. 2002. №11. С. 28.
2. Министерство регионального развития Российской федерации. Свод правил СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М., 2012.
3. МСиЖКХ РФ. ФАУ «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве». Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. Москва, 2015.
4. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 10-2015. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. М.: Бюро НДТ, 2015.
5. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». Отчет по НИР «Научное направление: Ф3. Научное обоснование и разработка технологий очистки сточных вод городов и предприятий промышленности и сельского хозяйства, соответствующих современным экологическим требованиям. М., 2003 г. 133 с.
6. *Гандурина Л.В., Буцева Л.Н., Штондина В.С.* Очистка поверхностных сточных вод органическими коагулянтами и флокулянтами // ВСТ. 2005. №1. С. 31.
7. *Швецов В.Н., Верещагина Л.М.* Очистка поверхностного стока с территории городов и промышленных предприятий // ВСТ. 2005. №6. С. 8–12.
8. *Верещагина Л.М., Швецов В.Н.* Разъяснение отдельных положений Рекомендаций по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий и площадок предприятий // ВСТ. 2016. №1. С. 50–57.
9. *Верещагина Л.М., Меншутин Ю.А., Швецов В.Н.* Опыт применения «Рекомендаций по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты // ВСТ. 2014. № 2. С. 53–59.
10. *Меншутин Ю.А., Фомичева Е.В., Верещагина Л.М., Куранов Н.П.* Основные критерии выбора систем очистки поверхностного стока // Экология производства. 2014. № 2. С. 73–79.
11. *Гордин И.В.* Технологические системы водообработки: Динамическая оптимизация. Л..: Химия, 1987. 264 с.
12. *Галкин Ю.А.* Технологическая модель сложных систем водного хозяйства промышленных предприятий и комплексов // ВСТ. 2010. № 6. С. 27–31.
13. *Галкин Ю.А.* Патент РФ на изобретение №2353733 по заявке №2006136339 от 13 октября 2006 г. «Резервуар для регулирования расхода неравномерно поступающей загрязненной воды».
14. *Галкин Ю.А.* Разработка и результаты применения отстойников-флокуляторов для очистки оборотной воды металлургических заводов России и Украины // ВСТ. 2010. № 2. С. 5–9.
15. *Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В.* Отстойники-флокуляторы «ЭП ОФ» в технологиях водоподготовки из поверхностных и подземных источников // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2016. № 6. С. 20–28.
16. 16. *Галкин Ю.А.* Технология глубокой очистки оборотной воды машин непрерывного литья заготовки, станов горячей прокатки и термоотделов // Водоснабжение и канализация. Январь-февраль 2014. С. 34–40.
17. *Фрог Б.Н., Левченко А.П.* Водоподготовка. Уч. пос. М.: Изд-во Ассоциации строительных ВУЗов, 2006. 656 с.
18. *Феофанов Ю.А., Хиршиева И.В.* Особенности коагулирования маломутных цветных вод с применением добавок-утяжелителей // Вода и экология. 2014. № 4. С. 3–9.

19. *Лейчкис И.М.* Фильтрование с применением вспомогательных веществ. Киев: Техника, 1975. 192 с.
20. *Уласовец Е.А.* Разработка технологии очистки поверхностных сточных вод: автореф…. дис. канд. техн. наук. Екатеринбург, УГЛТА, 2000. 16 с.
21. *Свиридов А.В.* Коагуляционная очистка маломутных цветных вод с использованием коллоидного модифицированного монтмориллонита: дис…канд. техн. наук. Екатеринбург, УГЛТА, 2000. 203 с.

УДК 628.16

УСТАНОВКИ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕТАТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В.
ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия
mail@eco-project.ru

Ключевые слова: черная металлургия, установки водоподготовки, отстойник-флокулятор «ЭП ОФ», аппарат «ОКУД» для обезвоживания осадка.

В ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ» разработаны и внедрены на предприятиях черной металлургии Украины и России внецеховые установки для глубокой реагентной одноступенчатой очистки оборотной воды на отстойниках-флокуляторах «ЭП ОФ» и безреагентного гравитационного обезвоживания получаемых осадков на аппаратах «ОКУД» для газоочисток доменных печей, вакууматоров сталеплавильных цехов, цехов горячей прокатки и других технологических агрегатов. В сравнении с традиционными решениями существенно улучшены все технико-экономические и экологические показатели установок.

WATER TREATMENT FACILITIES FOR FERROUS METALLURGY PLANTS TECHNOLOGICAL UNITS

Galkin Y.A., Ulasovets Y.A., Obadin D.N., Yermakov D..
OOO «Scientific/designing firm «EKO-PROYEKT»,
Ekaterinburg, Russia
mail@eco-project.ru

Key words: ferrous metallurgy, water treatment facilities, settling flocculator “EP OF”, “OKUD” device for the sludge dehydration.

OOO «Scientific/designing firm «EKO-PROYEKT» has developed out-shop plants for deep agent one-step treatment of recirculating water on settling flocculator «EP OF» and non-agent gravitation dehydration of the resulted residues at «OKU» devices for gas purification facilities of blast-furnaces, steel plants’ vacuum devices, hot roll mills and other technological plants. The plants were applied at ferrous metallurgy plants of Russia and Ukraine. They demonstrate higher engineering/economic and environmental characteristics in comparison with traditional options.

Созданные в ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ» инновационные технологии очистки оборотных, производственных и природных вод основаны на новых концептуальных подходах. Поэтому они обеспечивают высокое качество очищенной воды при надежности, простоте эксплуатации, снижении эксплуатационных, в т. ч. энергетических затрат, уменьшении габаритов установок и стоимости строительства. По проектам, выполненным ЭКО-ПРОЕКТ, Гипромезами Украины и России, установки широко внедрены на металлургических предприятиях этих стран.

В технологической схеме очистки оборотной воды машин непрерывного литья заготовки (МНЛЗ), станов горячей прокатки и термоотделов для первичного отстаивания разработана яма для окалины новой конструкции – круглой формы с уменьшенными габаритами (за счет увеличения коэффициента объемного использования зоны отстаивания и других решений), с размещением внутри сооружения насосов для подачи отстоянной воды на внецеховой блок водоподготовки, что исключает необходимость в отдельной насосной станции. Во внецеховых установках водоподготовки глубокая реагентная очистка оборотной воды производится в одну ступень – в отстойниках-флокуляторах «ЭП ОФ» (рис. 1, 2).



Рис.1. ПАО «НЛМК». Березовский электрометаллургический завод. Установка водоподготовки «грязного» оборотного цикла стана горячей прокатки и термоотдела. Отстойники-флокуляторы с технологическим диаметром 10 м.



Рис. 2. АО «Омутнинский металлургический завод» (Россия, север Кировской области). Установка водоподготовки «грязного» оборотного цикла цехов горячей прокатки. Отстойник-флокулятор диаметром 10 м (один рабочий аппарат без резервирования).

На рис. 3 показаны результаты производственного эксперимента по очистке оборотной воды стана горячей прокатки 250/150 Нижне-Сергинского метзавода.

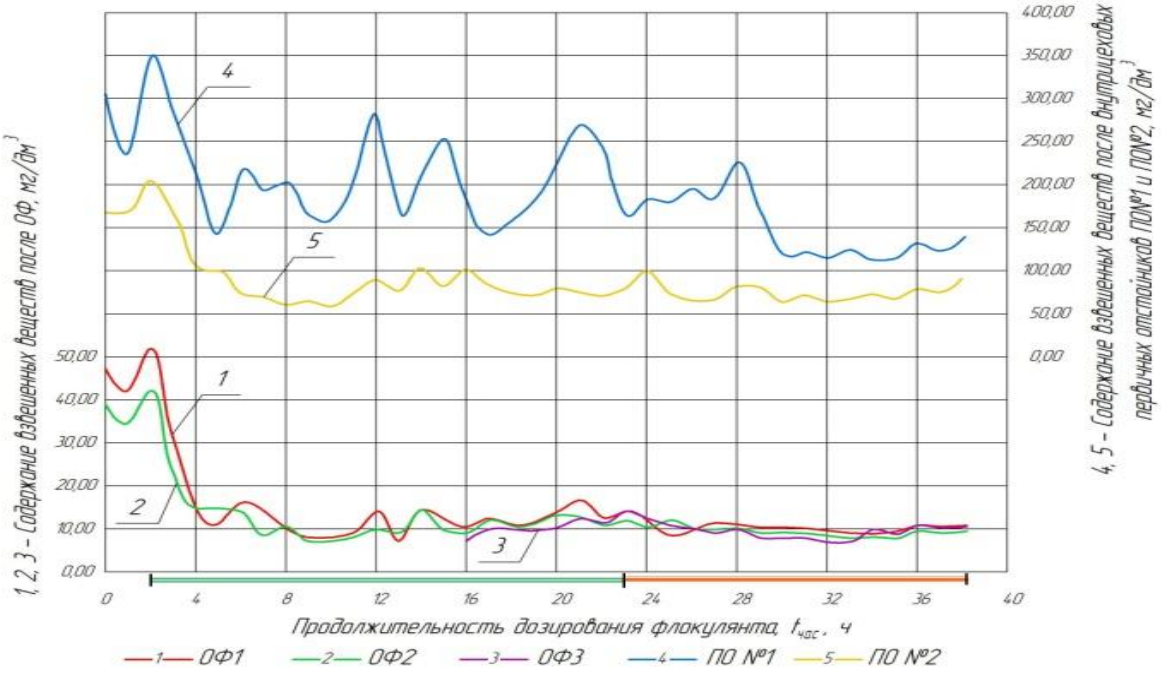


Рис. 3. Зависимости эффективности очистки оборотной воды от дозы флокулянта d, мг/дм^{3}и удельной гидравлической нагрузки q, м^3/(м^2·ч).

После ям для окалины вода подается с расходом Q = 2000 м^3/ч в три отстойника-флокулятора «ЭП ОФ» с технологическим диаметром 10 м. Графики 4 и 5 отражают изменение во времени содержания взвешенных веществ после первичных отстойников (BB_0), а 1, 2 и 3 – после отстойников-флокуляторов (BB_t). До 0 час. расходы воды на каждый аппарат

были равны $Q_{ср.}$= 667 м^3/ч и величина BB_t в этот момент составляла 40, 37 и 39 мг/дм^3. В 0 час. выполнено перераспределение подаваемой на аппараты воды на расходы Q_1 = 1000 м^3/ч, Q_2 = 700 м^3/ч и Q_3 = 300 м^3/ч. При этом: q_1 = 12,5; q_2 = 8,8; q_3 = 3,8 м^3/(м^2·ч). В 2 часа, когда BB_t были соответственно равны 48, 39 и 31 мг/дм^3, начато дозирование в оборотную воду флокулянта Praestol 650 с d = 0,05 мг/дм^3 (1-й режим), в 23 часа d была увеличена до 0,2 мг/дм^3 (2-й режим), а через 38 часов эксперимент был завершен. Несмотря на существенную разницу в величине q, значения BB_t для всех аппаратов отличаются на небольшую величину, особенно во втором реагентном режиме (BB_t = 10 ± 3 мг/дм^3). Максимальный размер частиц твердой фазы в осветленной воде не превышает 25 мкм, содержание в очищенной воде нефтепродуктов – $C_{t..н\text{-}пр.}$ = 0,5 ÷ 1,5 мг/дм^3. Качество очищенной в отстойниках-флокуляторах «ЭП ОФ» оборотной воды отвечает с запасом наиболее высоким Техническим требованиям потребителей.

В разработанной схеме для обезвоживания получаемых абразивных окалиномаслосодержащих осадков, которые технически невозможно или экономически нецелесообразно обезвоживать на центрифугах и фильтр-прессах, разработаны аппараты для гравитационного обезвоживания – «ОКУД». Эти аппараты, ввиду чрезвычайно простой конструкции, практически не требуют участия эксплуатационного персонала (рис. 4, 5). Кроме того, «ОКУД» выполняет дополнительную функцию хранения обезвоженного осадка для периодической выгрузки грейфером в вагоны, что значительно упрощает организацию хранения и вывоза осадка на утилизацию.



Рис. 4. ОАО «Абинский электрометаллургический завод». Грязный оборотный цикл МНЛЗ. Аппарат «ОКУД» с обезвоженным окалиномаслосодержащим осадком.



Рис. 5. ПАО «НЛМК». Нижнесергинский метизно-металлургический завод. Оборотный цикл мелкосортного стана 250/150. 1 – Аппарат «ОКУД»; 2 – обезвоженный окалиномаслосодержащий осадок влажностью 15 %.

В сравнении с традиционной технологией, применение для водоподготовок отстойников-флокуляторов «ЭП ОФ» и «ОКУД» позволило: сократить затраты энергии на процессы очистки воды и обезвоживания осадка до 5 раз за счет работы в безнапорном режиме с использованием сил гравитации, размещать основную часть оборудования как внутри, так и вне зданий, снизить стоимость оборудования и габариты водоподготовки (рис. 6).

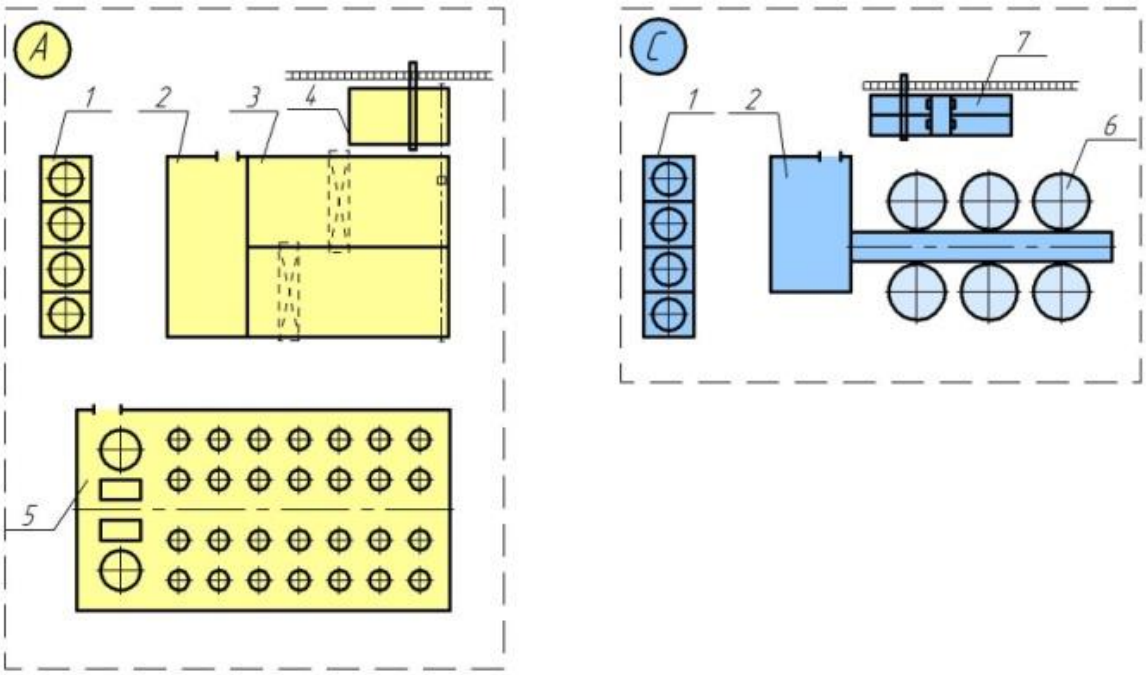


Рис. 6. Сравнение габаритов внецеховых установок водоподготовки в соответствии с традиционной схемой (А) и инновационной («С»).

В оборотных циклах доменных газоочисток НЛМК (рис. 7) и Енакиевского метзавода (рис. 8) с применением отстойников-флокуляторов $q = 12 \div 18$ м^3/(м^2·ч), исходное содержание взвеси $BB_0 = (1{,}2 \div 9)\cdot 10^3$ мг/дм^3, $BB_t = 70 \div 200$ мг/дм^3 без реагентной обработки и $BB_t = 20 \div 100$ мг/дм^3 при дозе флокулянта $d = 0{,}1 \div 0{,}06$ мг/дм^3. По Техническим требованиям VAI-Siemens, Danieli, SMS Demag и других компаний содержание взвешенных веществ не должно превышать 100 ÷ 200 мг/дм^3.

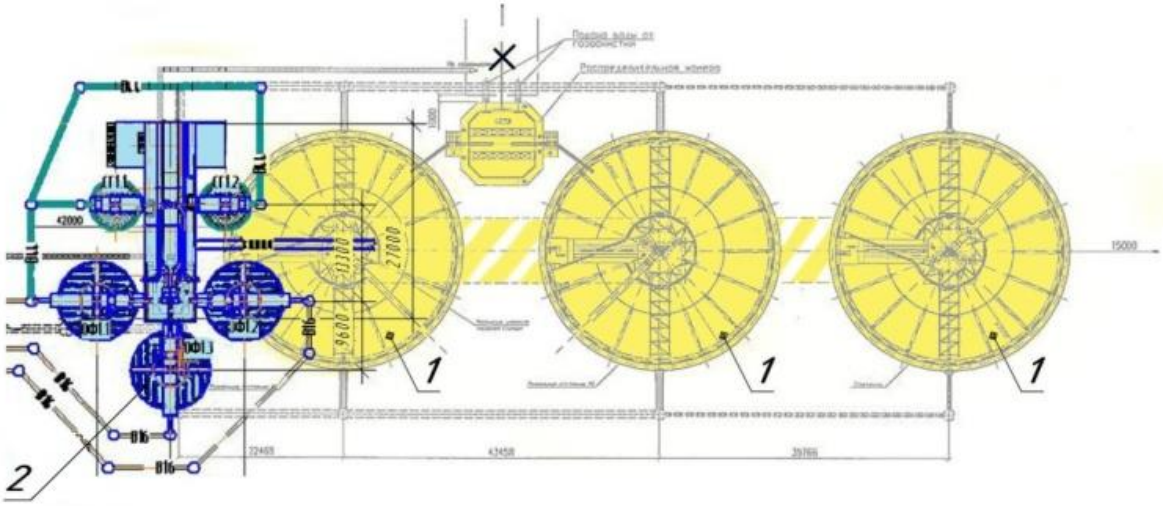


Рис. 7. ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат». Установка водоподготовки оборотного цикла водоснабжения газоочистки доменной печи №7 «Россиянка»: 1 – первоначальный проект – традиционные радиальные отстойники диаметром 30 м; 2 – реализованный инновационный проект ЭКО-ПРОЕКТ: три отстойника-флокулятора диаметром 10 м производительностью по 1100 м^3/ч.



Рис. 8. ОАО «Енакиевский металлургический завод» Установка водоподготовки оборотного цикла водоснабжения газоочисток доменных печей № 4 и № 5 производительностью 2800 м^3/ч с тремя отстойниками-флокуляторами с технологическим диаметром 10 м.



Рис. 9. ПАО «НЛМК». Установка водоподготовки оборотного цикла водоснабжения вакууматора конверторного цеха №2 производительностью 1650 м^3/ч. Отстойники-флокуляторы с технологическим диаметром 12 м (один рабочий и один резервный) в соответствии с технологией ЭКО-ПРОЕКТ (схема на рис. 10)

Компактность основного оборудования позволила поместить водоочистную установку газоочисток доменных печей Енакиевского метзавода на перекрытии насосной станции на ограниченной по размерам территории рядом с потребителями оборотной воды. При этом значительно снижены продолжительность и стоимость строительства установки, исключено строительство эстакады циркуляционных водоводов длиной 1,5 км стоимостью 2,5 млн евро, экономия электроэнергии на циркуляцию воды – 0,9 млн кВт·ч в год. В настоящее время к установке дополнительно подключена газоочистка доменной печи №3 и установлен 4 остойник-флокулятор.

Установка для очистки оборотной воды вакууматора кислородно-конверторного цеха №2 ПАО «НЛМК» от взвешенных веществ, нерастворенного CO-газа и ее охлаждения (рис. 9, 10).

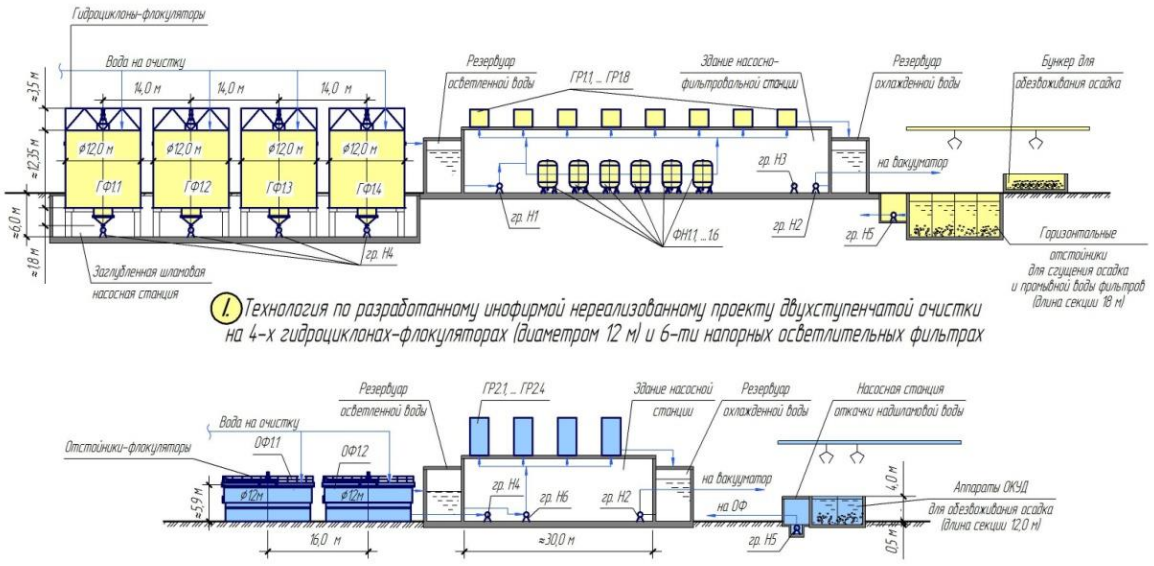


Рис. 10. ПАО «НЛМК». Установка водоподготовки оборотного цикла водоснабжения вакууматора конверторного цеха №2 производительностью 1650 м^3/ч. Схема I – традиционная, Схема II – инновационная по технологии ЭКО-ПРОЕКТа (фото на рис. 9)

Содержание взвешенных веществ в очищенной воде по техническому заданию BB_t = 100 мг/дм^3, фактическое значение BB_t = 20 ÷ 60 мг/дм^3, влажность обезвоженного в «ОКУД» осадка – 15%. В реализованном проекте компании ЭКО-ПРОЕКТ существенно уменьшены габариты установки, стоимость строительства и эксплуатации в сравнении с ранее выполненным проектом инофирмы.

УДК 628.1

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ БЕЗОПАСНОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ

Демин А.П.
ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Москва, Россия
deminap@mail.ru

Ключевые слова: централизованное водоснабжение, водопроводная сеть, утечки воды, качество воды в источниках, безопасная питьевая вода.

Показан рост изношенности водопроводной сети и его влияние на увеличение доли утечек в общем объеме воды, поданной в сеть. Состояние водопроводно-канализационного хозяйства оценивается как кризисное. Среднесуточное водопотребление городского и сельского жителя в результате внедрения комплекса водосберегающих мероприятий снизилось на 110 л или 43 %. За 2000–2017 гг. удельный вес неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям в водоемах первой категории снизился всего на 2 процентных пункта, по микробиологическим показателям – на 5,5.

CURRENT ISSUES OF PROVIDING THE POPULATION OF RUSSIA WITH SAFE DRINKING WATER

Demin A.P.
Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
deminap@mail.ru

Key words: centralized water supply, water supply network, water leaks, water quality in the springs, safe drinking water.

The article shows the growth of deterioration of the water supply network and its influence on the increase in the share of leaks in the total volume of water supplied to the network. The state of plumbing is estimated as a crisis. The average daily water consumption of urban and rural residents as a result of the introduction of a complex of water-saving measures decreased by 110 liters or 43 %. For 2000-2017 the proportion of unsatisfactory samples for sanitary-chemical indicators in reservoirs of the first category decreased by only 2 percentage points, and for microbiological indicators – by 5,5.

Доступ к безопасной питьевой воде имеет ключевое значение для здоровья, является одним из основных прав человека и составной частью эффективной политики в области охраны здоровья. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 70 % болезней у человека вызвано употреблением для питьевых нужд воды низкого качества, а также использованием в бытовых целях воды, не соответствующей гигиеническим нормам [1].

В России обеспечение населения качественной питьевой водой становится одной из приоритетных проблем государственной политики, направленной на сохранение здоровья и улучшение условий проживания. Население крупных и средних городов обеспечено качественной водой из централизованных систем. Однако до сих пор большое количество жителей пользуются децентрализованными источниками водоснабжения или водой, не прошедшей необходимую водоподготовку. Более 15 % водопроводов не соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям [2]. В этой связи, очевидно, что для России проблема обеспечения населения питьевой водой требуемого качества в достаточном количестве и экологическая безопасность водопользования являются крайне актуальными.

Обобщающих работ, в которых анализируются проблемы централизованного водоснабжения и обеспечение населения питьевой водой в масштабах России, тем более в динамике, крайне мало [3–5]. Большинство публикаций носит узко региональный характер,

данные приводятся обычно за небольшое число лет. Слабо представлены данные по утечкам воды в водопроводной сети отдельных регионов, оснащенности сооружениями предварительной очистки воды.

В 2017 г. услугами централизованного водоснабжения обеспечено 100 % городов, 97 % поселков городского типа и 33 % сельских населенных пунктов России. Доля жилого фонда, оборудованного водопроводом, увеличивается очень медленно. С 2000 по 2017 г. она выросла всего на 9 процентных пунктов (п.п.) с 73,4 до 82,4 %. При этом в городских поселениях эта доля увеличилась на 4,8, а в сельской местности на 19,6 п.п. В настоящее время только 59 % сельского жилищного фонда России обеспечено централизованным водоснабжением [6]. Худшее положение среди федеральных округов принадлежит Дальневосточному округу, где в 2017 г. 24,2 % жилого фонда не было обеспечено водопроводом. В Центральном округе эта цифра заметно ниже – 15,2 %.

Объемы ввода в действие новых водопроводных сетей являются очень низкими и по сравнению с началом 1990-х гг. сократились в несколько раз. Протяженность уличной водопроводной сети, нуждающейся в замене, с годами резко возрастает. Если в 1995 г. нуждалось в замене 70,6 тыс. км сетей, то в 2017 г. – уже 169,5 тыс. км. В Липецкой, Новгородской, Астраханской областях, Республиках Северная Осетия, Калмыкия требует замены более 60 % уличной водопроводной сети.

Обновление и восстановление трубопроводов не проводится в требуемом объеме. Это привело к значительному износу и неудовлетворительному состоянию водонесущих коммуникаций городов и поселений России. По данным Росстата, в 2016 г. в среднем по России было заменено всего 1,3 % водопроводных сетей, в 2017 г. – 1,2 %. По нормативам ежегодный объем замены наружных сетей должен составлять 4 % в год, а в нынешних условиях накопленной задолженности требуется замена 7,5 % трубопроводов.

На самом деле ситуация еще плачевнее и реальный процент замены труб качественным продуктом еще ниже. Около 30 % пластиковых туб, используемых для строительства и реконструкции водопровода и канализации, является фальсифицированной продукцией. Кроме того, из общего объема стальных труб, применяемых для строительства и реконструкции сетей, около 20 % составляют бывшие в употреблении трубы [7]. Главной причиной распространения таких труб эксперты называют дешевизну этой продукции.

Рост изношенности водопроводной сети является главной причиной увеличения доли утечек и неучтенных расходов воды по отношению к объему воды, поданной в сеть. За последние 17 лет по нашим расчетам, согласно данным Росстата [8], доля утечек увеличилась в среднем по России с 15,3 % (2000 г.) до 22,5 % (2017 г.) Максимальные утечки характерны для Южного и Северо-Кавказского округов (32–35 %). При этом в Карачаево–Черкесской и Чеченской Республиках доля утечек составляет 43–45 % объема воды, поданной в сеть, в Сахалинской области и г. Севастополе превышает 50 %. Всего в системе ЖКХ России в 2017 г. было потеряно более 2,9 млрд. м^3 питьевой воды.

Состояние ВКХ оценивается как кризисное – износ основных средств колеблется от 50 до 70 %, при этом ежегодно степень износа увеличивается на 2–3 %. По экспертной оценке Минстроя России, для поддержания инфраструктуры в нормальном состоянии необходимо инвестировать в нее порядка 500 млрд руб. ежегодно на протяжении пяти лет. Правительством было принято решение о создании условий для привлечения в эту отрасль частного бизнеса. Однако сфера ЖКХ находится в не привлекательном для инвесторов состоянии. Больше половины водоканалов на сегодняшний день – банкроты. В ближайшие годы комплекс первоочередных мероприятий по предотвращению углубления кризиса в городском водопроводном хозяйстве должен быть направлен на повышение санитарной и технологической надежности водопроводных сооружений и сетей и всемерную экономию воды, не требующих существенных затрат.

Объем использования воды из подземных источников для хозяйственно–питьевого водоснабжения в целом по России меньше объема использования воды из поверхностных источников (47 %). В большинстве же европейских стран доля подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении превышает 70–80 %. С 2001 по 2016 г. объем использования

подземных вод на хозяйственно-питьевые нужды сократился в России с 20,6 до 12,8 млн $м^3$/сутки, или на 38 %.

Через очистные сооружения предварительной очистки и водоподготовки пропускается в среднем по России 60 % общего количества воды, поданной в сеть, причем в городской местности – 65 %, сельской – только 16 %. Наибольший процент пропуска воды через очистные сооружениями предварительной очистки и водоподготовки наблюдался в 2017 г. в Северо-Западном и Уральском округах (79,4 и 75,4 %), наименьший в Северо-Кавказском и Сибирском округах (25,7 и 50,0 %).

В 2000 г. на хозяйственно–питьевые нужды в России было израсходовано 13,6 $км^3$, в 2017 – 7,7 $км^3$. Если в странах Западной Европы удельное бытовое водопотребление составляет 130–150 л на человека в сутки, то в России в 2000 г. в 12 субъектах федерации оно превышало 300, в том числе в четырех субъектах – 400 л/сут. Однако, по исследованиям специалистов, жители России не потребляли такой огромный объем воды, а значительная часть водопотребления – это протечки воды, например, через бачки унитаза.

В последние годы во многих регионах за счет привлечения средств бюджетов, внебюджетных источников, займов и других инвестиций проводится комплекс водосберегающих мероприятий по рациональному расходованию воды в жилищном фонде. В результате с 2000 по 2017 гг. среднесуточное водопотребление из централизованных систем водоснабжения в расчете на жителя городов и сел снизилось с 254 до 144 л.

Ситуация с состоянием как поверхностных, так и подземных вод централизованного питьевого водоснабжения и качеством воды в местах водозабора изменяется крайне медленно и продолжает оставаться неудовлетворительной [9]. Высокий процент неудовлетворительных проб отмечается в тех субъектах РФ, где в большей степени в качестве источников водоснабжения используются поверхностные водоемы. За 17 лет удельный вес неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям в водоемах первой категории снизился в России на 2 п.п. [10]. При этом в Центральном, Сибирском и особенно Уральском округах отмечается тенденция существенного роста данного показателя. Что касается микробиологических показателей, то удельный вес неудовлетворительных проб за 17 лет в России снизился на 5,5 п.п. Такое снижение произошло в большинстве округов, особенно значительное в Северо-Кавказском и Дальневосточном округах.

Доля проб воды из источников *нецентрализованного* водоснабжения в сельской местности (колодцы, каптажи родников), не соответствующих гигиеническим нормативам, существенно выше. По санитарно–химическим показателям, в целом по России в 2017 г. она равна 26,4 %, при этом в Ямало-Ненецком АО, Республике Калмыкия, Белгородской, Новгородской и Новосибирской областях она превышает 50 %. По микробиологическим показателям доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, составляет в целом по РФ 18,1 %.

Ситуация с обеспеченностью населения питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, улучшается очень медленно. Из 146,5 млн. человек, проживающих в России в 2017 г., почти 134 млн было обеспечено доброкачественной и условно доброкачественной питьевой водой (из них более 30 млн – условно доброкачественной водой), 7,6 млн – недоброкачественной водой и более 4,9 млн проживало в населенных пунктах, где вода на доброкачественность не исследовалась В 2017 г. лишь 78,3 % жителей села было обеспечено доброкачественной и условно доброкачественной питьевой водой. Крайне низок этот показатель в Северо-Западном и Дальневосточном округах.

К субъектам РФ, в которых сложилась благополучная обстановка с обеспечением водой надлежащего качества, относятся Москва и Санкт–Петербург, Республики Северная Осетия и Алтай. В России насчитывается 27 субъектов федерации с обеспеченностью безопасной водой более 95 % населения, 20 субъектов с обеспеченностью 90–95 %, 27 – с обеспеченностью 80–90 % и 7 субъектов – с обеспеченностью 72–80 % (рис.1). В Курганской и Костромской областях, Карачаево-Черкесской Республике безопасной питьевой водой обеспечено только 67–69 % населения, в Вологодской области – 45 %.

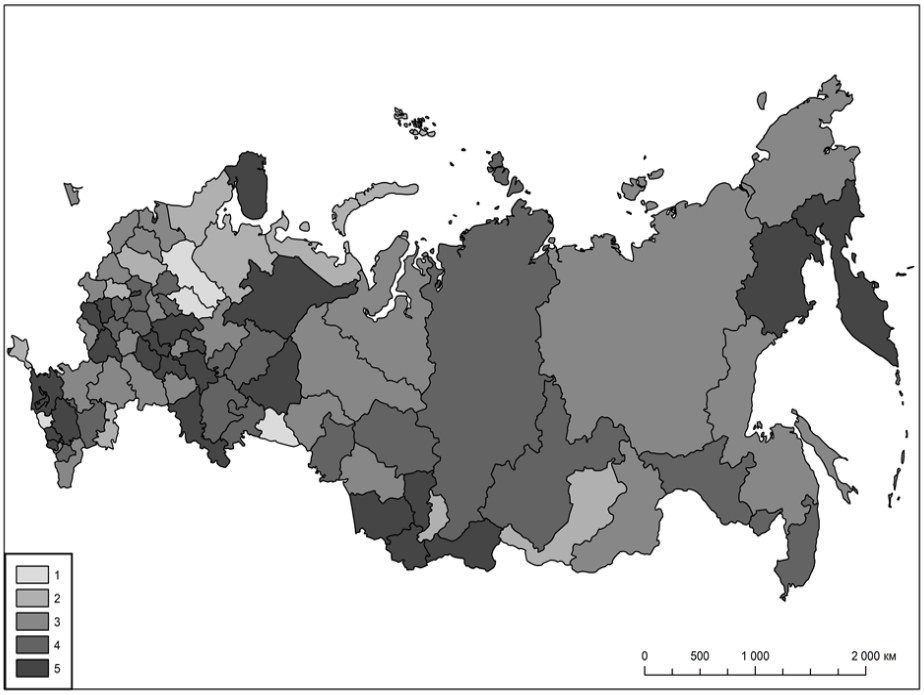


Рис. 1. Доля населения, обеспеченного питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, в общей численности населения в 2017 г., %: 1 – < 70, 2 – 70–80, 3 – 80–90, 4 – 90–95, 5 – 95–100.

ВЫВОДЫ

Рост изношенности водопроводной сети является главной причиной увеличения доли утечек и неучтенных расходов воды по отношению к объему воды, поданной в сеть. Состояние водопроводно-канализационного хозяйства оценивается как кризисное – износ основных средств колеблется от 50 до 70 %. Объем инвестиций в модернизацию объектов коммунальной инфраструктуры не соответствует минимальным ее потребностям. Больше половины водоканалов на сегодняшний день – банкроты.

Забор воды из подземных источников для хозяйственно–питьевого водоснабжения составляет в среднем по России около 47 % общего объема воды, использованного на эти цели, что намного ниже, чем в большинстве европейских стран. С 2000 по 2017 гг. среднесуточное водопотребление городского и сельского жителя в результате внедрения комплекса водосберегающих мероприятий снизилось на 110 л или 43 %.

Ситуация с состоянием как поверхностных, так и подземных вод централизованного питьевого водоснабжения и качеством воды в местах водозабора изменяется крайне медленно и продолжает оставаться неудовлетворительной. Лишь 78 % жителей села было обеспечено доброкачественной и условно доброкачественной питьевой водой. Очень низок этот показатель в Северо-Западном и Дальневосточном округах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о состоянии здравоохранения в мире, 2010 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.who.int/whr/2010/ru/
2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 268 с.

3. *Пупырев Е.И., Примин О.Г.* Состояние водной отрасли и пути повышения надежности водоснабжения на примере г. Москвы // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2012. № 5. С. 10–22.
4. *Демина Л.А.* Вода, вода, кругом вода (или коммунальное водоснабжение регионов России) // Энергия: экономика, техника, экология. 2010. № 7. С. 36–41.
5. *Демин А.П.* Изменения в хозяйственно- питьевом водоснабжении регионов России в XXI веке // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 12. С. 10–20.
6. Единая межведомственная информационно-статистическая система. Режим доступа: https://www.fedstat.ru/indicators/start.do.
7. Ширяев В. Фальсификат захлестывает ЖКХ // Вода Magazine. 2018. № 1. С. 12–15.
8. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистических данных. Режим доступа: htpp://www.cbsd.gks.ru.
9. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». М.: НИА-Природа, 2018. 298 с.
10. *Демин А.П.* Обеспечение населения России безопасной питьевой водой: состояние, проблемы, пути решения // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2019. № 1. С. 8–19.

УДК 628.543:628.349

КОМПЛЕКСОНАТЫ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ – ИНГИБИТОРЫ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ И КОРРОЗИИ

Дрикер Б.Н., **Протазанов А.А.**
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, Россия.
bndriker70191@mail.ru

Ключевые слова: ингибиторы, водоподготовка, коррозия, солеотложения.

В настоящее время на предприятиях существует проблемы, связанные с образованием минеральных отложений и коррозией конструкционной стали. Обработка воды с помощью органофосфонатов и их композиций справляется с этой проблемой. Известно, что большинство композиций в своем составе имеют цинк. В работе предложена замена цинкового комплексоната на комплексонаты кальция и магния. Установлена высокая эффективность ингибирования солеотложений и снижения коррозии до нормативных величин, на воде различного минерального состава.

ALKALINE EARTH METAL COMPLEXONATES - SCALING AND CORROSION INHIBITORS

Driker B.N., Protazanov A.A.
Federal State Budgetary Establishment of Higher Professional Education Ural State Forestry University, Ekaterinburg, Russia.
bndriker70191@mail.ru

Key words: inhibitors, water treatment, corrosion, scaling.

Currently, enterprises have problems associated with the formation of mineral deposits and corrosion of structural steel. Water treatment with organophosphonates and their compositions cope with this problem. It is known that most compositions include zinc. The paper proposes the replacement of zinc complexon with calcium and magnesium complexates. The high efficiency of inhibition of scaling and reduction of corrosion to standard values on water of different mineral composition has been established.

На промышленных предприятиях в системах охлаждения, гидротранспорта, утилизации минерализованных вод серьезной проблемой является образование минеральных отложений и коррозия конструкционных сталей. С аналогичной проблемой сталкиваются предприятия теплоэнергетики (в системах отопления и горячего водоснабжения). Образование минеральных отложений приводит к перерасходу топлива (1–3 мм отложений в среднем увеличивает расход топлива на 13 %) [1], а вследствие коррозии теряется ежегодно до 25 % производимой конструкционной стали.

Для одновременного ингибирования солеотоложений и коррозии, наиболее часто используются композиции на базе органофосфонатов и цинковых комплексонатов, однако их применение ограничивается ПДК по Zn 1 мг/дм^3. (для водоемов культурно бытового и хоз назначения). Что же касается водоемов рыбохозяйственного назначения ПДК по цинку еще на два порядка меньше [2].

Поэтому замена цинкового комплексоната на комплексонат щелочноземельных металлов может существенно снизить экологическую нагрузку на водоемы при одновременном снижении стоимости реагента, и, возможно, по нашему мнению, без потери эффективности ингибирования коррозии и солеотложений.

Цель данной работы – создание и исследование физико-химических свойств ингибиторов коррозии и солеотложений на основе органофосфонатов и их щелочноземельных комплексонатов.

Объектами исследования являются композиции на основе оксиэтилидендифосфоновой (ОЭДФ) и нитрилотриметиленфосфоновой (НТФ) кислот со щелочноземельными металлами при различном мольном соотношении.

В качестве модельных растворов использовали воду следующих составов, мг/дм^3:

1) вода низкой минерализации (характерная для внутренних контуров охлаждения металлургических предприятий (НМЛЗ, ДСП)): $NaHCO_3$ – 40, $CaCl_2$ – 5, Na_2SO_4 – 80, NaCl – 115 (скорость коррозии в контрольном эксперименте 0,212 мм/год);

2) вода средней минерализации (характерная для систем охлаждения и отопления): $CaCl_2$ – 247,5, $NaHCO_3$ – 378, $MgSO_4$ – 150 (скорость коррозии в контрольном эксперименте 0,251 мм/год);

3) вода высокой минерализации (характерная для нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности): $CaCl_2$ – 1460, NaCl – 2030, $MgSO_4$ – 2130, $NaHCO_3$ – 1200 [ТУ 2458 – 006 – 70887619 – 2005] (скорость коррозии в контрольном эксперименте 0,31 мм/год).

На рис. 1–4 представлены результаты эффективности ингибирования коррозии и солеотложений щелочноземельными (ЩМ) комплексонатами в статических условиях на воде различной минерализации. Из представленных испытаний видно, что все ЩМ комплексонаты не зависимо от минерализации воды являются достаточно эффективными ингибиторами коррозии и солеотложений, не уступая при этом по эффективности ингибирования цинковым аналогам.

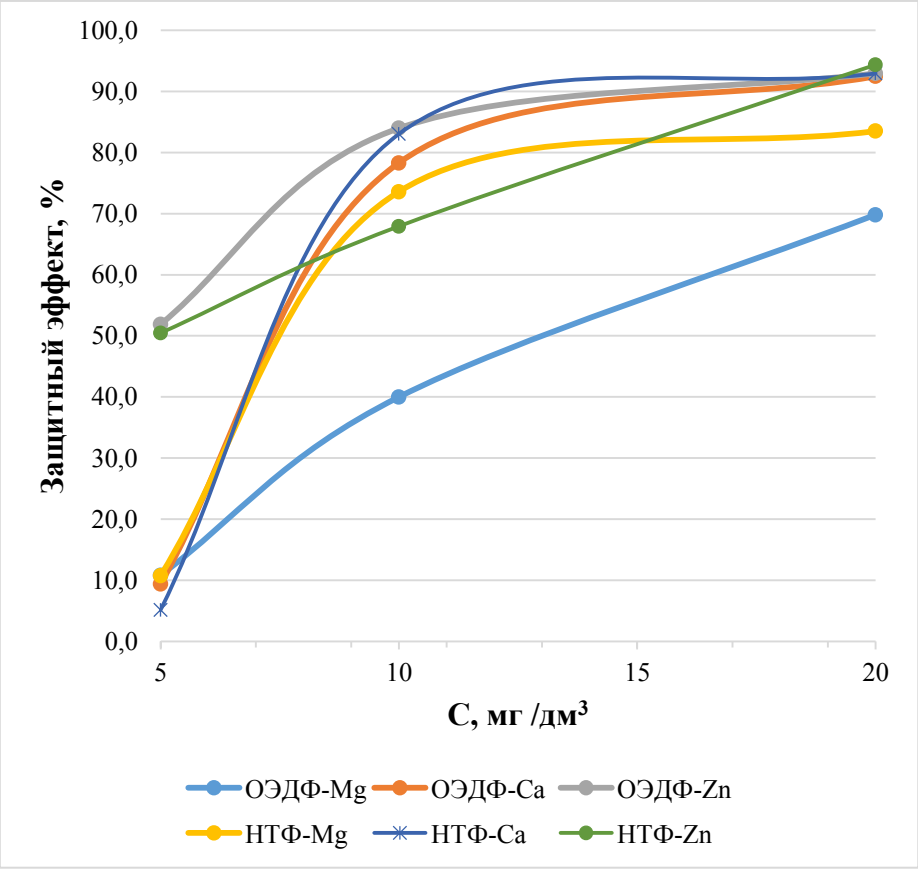


Рис. 1. Зависимость защитного эффекта ингибирования коррозии в воде низкой минерализации при мольном соотношении ОФ:М = 2,5:1 (температура 25 °С, время экспозиции – 3 ч.).

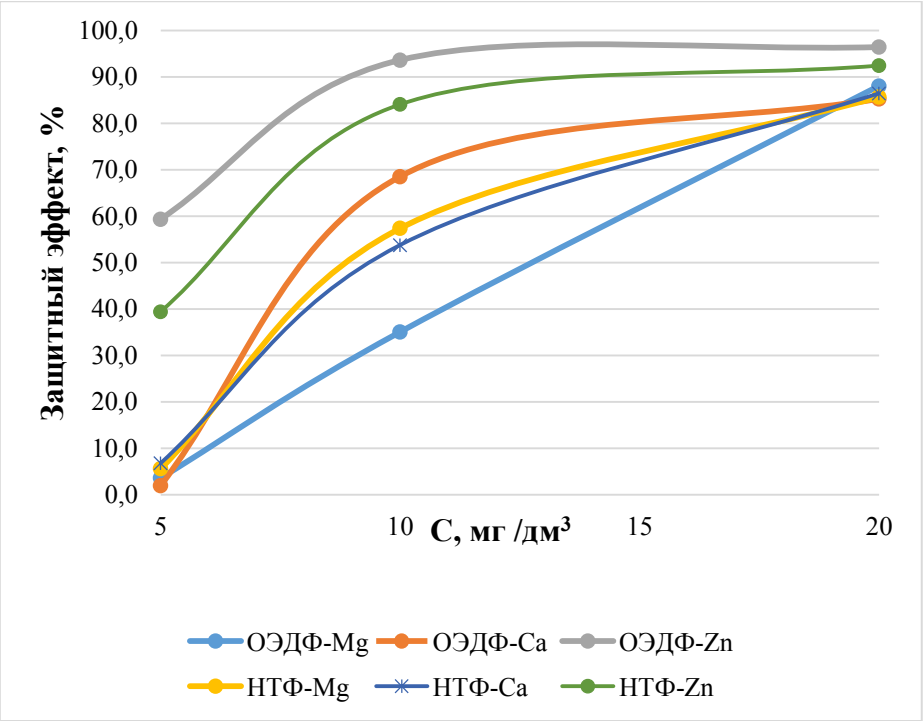


Рис. 2. Зависимость защитного эффекта ингибирования коррозии в воде средней минерализации при мольном соотношении ОФ:М 2,5:1 (температура 25 °С, время экспозиции – 3 ч.).

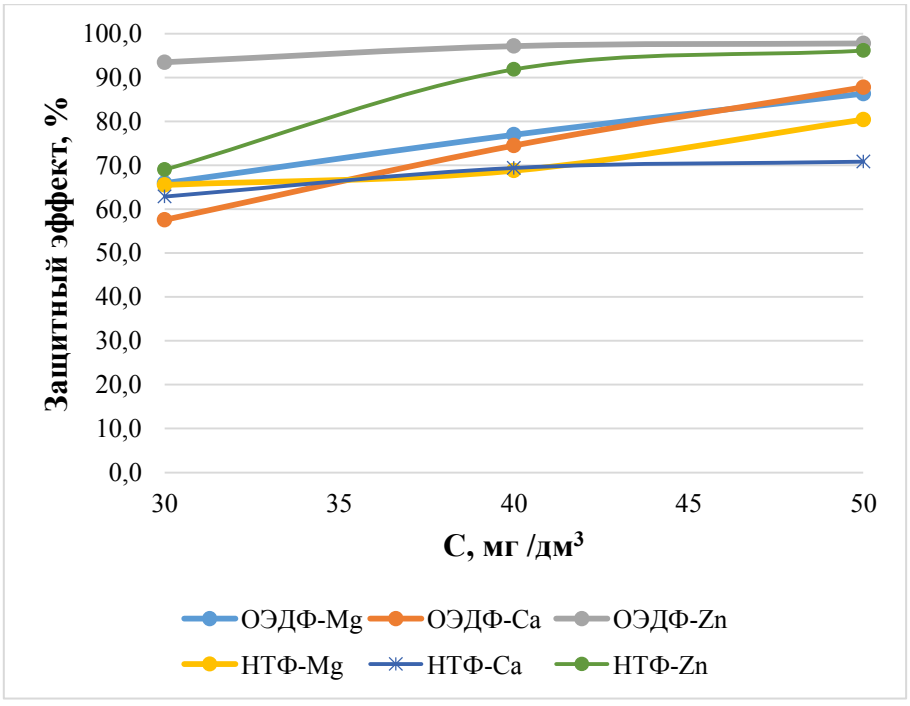


Рис. 3. Зависимость защитного эффекта ингибирования коррозии в воде высокой минерализации при мольном соотношении ОФ:М = 2,5:1 (температура 25 °С, время экспозиции – 3 ч.).

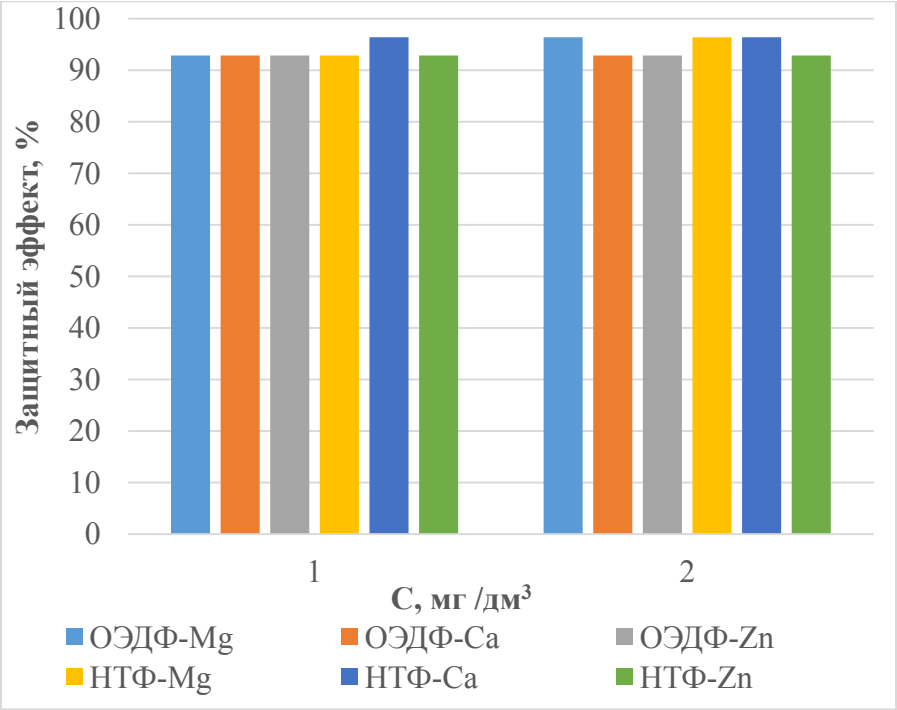


Рис. 4. Зависимость защитного эффекта на образование минеральных отложений на воде средней минерализации, при мольном соотношении ОФ:М = 2,5:1 (температура 90 °С, время экспозиции – 2 ч.)

Из литературы известно, что наибольшей эффективностью ингибирования для цинковых комплексонатов является мольное соотношение 2,5:1 [3], поэтому дальнейшие исследования проведены при таком же соотношении. Следует отметить, что испытания в статических условиях не позволяют оценить количественно и сопоставить эффективность исследуемых композиций и композиций сравнения, между собой. Поэтому сопоставительный анализ проведен в динамических условиях.

Исследования проводили с помощью универсальной установки, представленной на рис. 5 при температуре 70 ºС на водах средней и высокой минерализации. Данные по ингибированию коррозии и солеотложений представлены в табл. 1, 2.

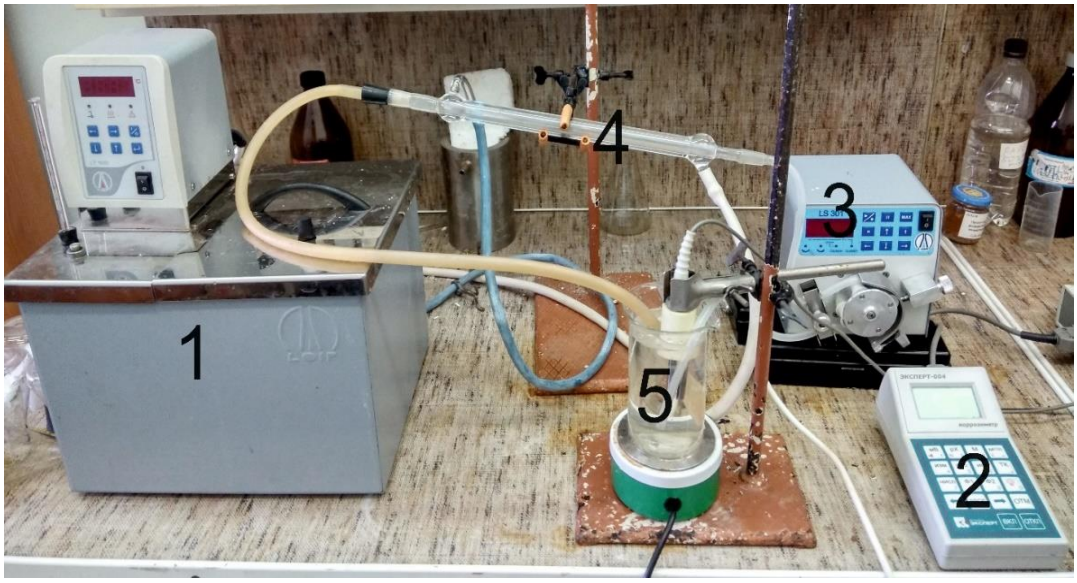


Рис. 5. Схема установки одновременного определения скорости коррозии и солеотложений. 1 – термостат, 2 – коррозиметр, 3 – перистальтический насос, 4 – теплообменник, 5 – емкость, из которой происходит циркуляция воды, с магнитной мешалкой.

Табл. 1. Исследование ингибирующих свойств композиций методом комплексной оценки ОФ:М = 2,5:1 (температура 70°С, время экспозиции 3 часа) на воде средней минерализации

№ п/п	Композиция	Концентрация, мг/дм^3	Температура, ^{0}С	Скорость коррозии, мм/год,	Количество отложений, мг	$Э_{инг. корр.}$, %	$Э_{инг. сол.}$, %
1	Контрольный опыт	–	70	0,312	12	–	–
2	ОЭДФ – Mg	20		0,224	0,25	28,21	97,92
3	ОЭДФ – Ca			0,118	0,25	62,18	97,92
4	ОЭДФ – Zn			0,04	0,25	87,18	97,92
5	НТФ – Mg			0,074	0,2	76,28	98,33
6	НТФ – Ca			0,081	0,2	74,04	98,33

Табл. 2. Исследование ингибирующих свойств композиций методом комплексной оценки ОФ:М = 2,5:1 (температура 70°С, время экспозиции 3 часа) на воде высокой минерализации

№ п/п	Композиция	Концентрация мг/дм^3	Температура,^{0}С	Скорость коррозии мм/год,	Количество отложений, мг	$Э_{инг. корр.}$, %	$Э_{инг. сол.}$, %
1	Контрольный опыт	–	70	0,331	36,25	–	–
2	ОЭДФ – Mg	50		0,093	8,3	71,9	77,1
3	ОЭДФ – Ca			0,062	7	81,3	80,7
4	ИОМС[1]			0,315	1	4,8	97,2
5	НТФ – Mg			0,047	3,375	85,8	90,7
6	НТФ – Ca			0,052	12	84,29	83,2
7	КИСК[2]			0,04	3,00	89,43	91,72

Согласно полученным результатам, все указанные композиции имеют сравнительно высокую эффективность (более 95%) по ингибированию солеотложений. Это связано с тем, что реагенты не сбалансированы по ОФ, т.е. его превышение по отношению к комплексонату позволяет полностью подавить процесс солеотложений. Относительно

[1] Ингибитор минеральных солей
[2] Комплексный ингибитор солеотложений и коррозии

высокой ингибирующей способностью композиций в отношении коррозии конструкционной стали на воде средней минерализации являются как магниевые так и кальциевые комплексонаты НТФ и ОЭДФ, не уступая при этом по эффективности комплексонатам выпускаемыми промышленностью Zn-ОЭДФ.

Для воды высокой минерализации и, соответственно, большей ионной силы скорость коррозии меняется незначительно, однако это существенно сказывается на дозировке реагента необходимой для ингибирования коррозии до нормативных величин. При этом ингибирование солеотложений не существенно зависит от концентрации реагента и составляет 80 – 90%, что очевидно связано с увеличением ионной силой раствора, сильно влияющей на способность ионов к химическому взаимодействию.

По нашему мнению, больший расход реагента обеспечивает снижение величин коррозии до нормативных величин за счет создания защитной пленки на поверхности металла, состоящей из гидроксидов железа и комплексонатов щелочноземельных металлов. Собственно, об этом и свидетельствуют фотографии, представленные на рис. 6,7.

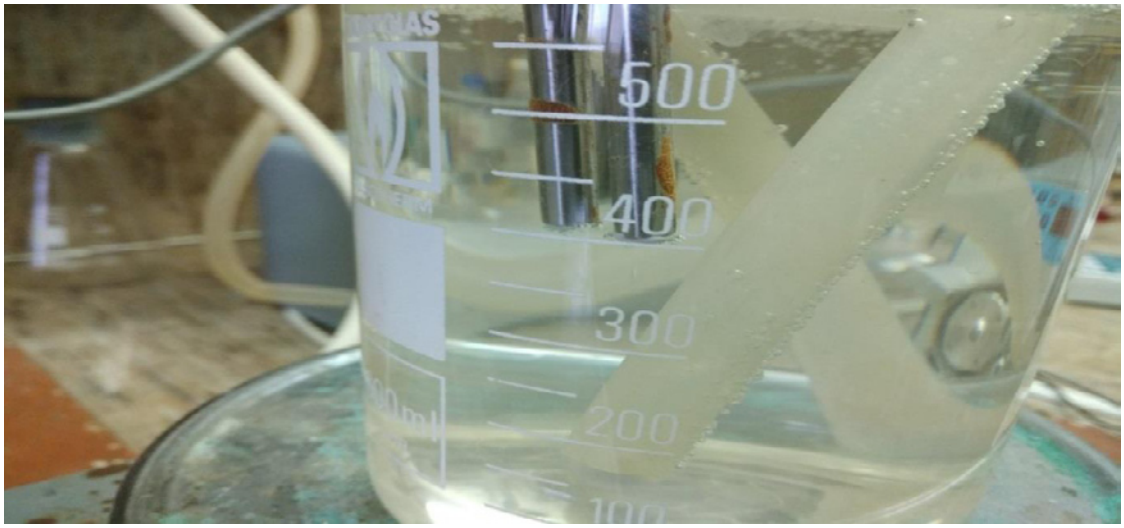


Рис. 6. С композицией Mg-НТФ (50 мг/дм^3). Вода высокой минерализации. Коррозия электродов. Температура 70°С. время экспозиции – 3 ч.

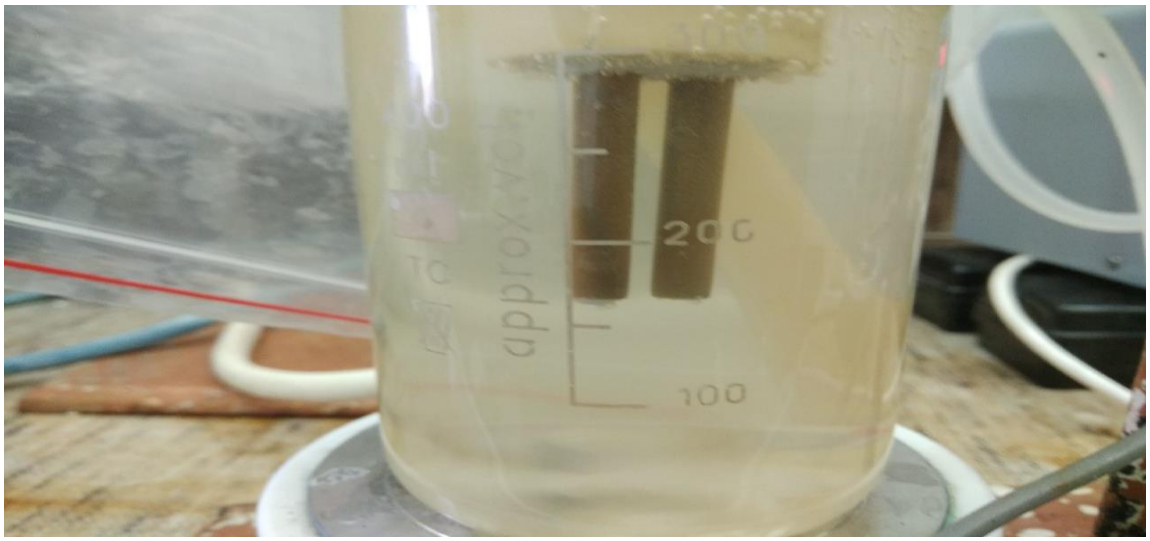


Рис. 7. Контрольный опыт. Вода высокой минерализации. Коррозия электродов. Температура 70°С. время экспозиции – 3 ч.

Таким образом, предлагаемые композиции на основе органофсфонатов со щелочноземельными металлами могут быть использованы для вод различной минерализации и, соответственно, для различных отраслей промышленности.

Работа выполнена при поддержке гранта «УМНИК» № 14205ГУ/2019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кузмяк А.Е., Кожеуров А.В., Александрова И.Д., Лобанов Н.Ф., Грунин С.М.* Удаление накипи химическими реагентами нового поколения // Энергетическая эффективность. 1999. № 2. С. 20–22.
2. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2003 (введ. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 78 от 30.04.03 г.; с изм. от 13.07.17 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/901862249, свободный. – (Дата обращения: 24.06.2019).
3. *Дрикер Б.Н., Тарасова С.А., Тарантаев А.Г.* Ингибиторы многоцелевого назначения для систем оборотного водоснабжения // Экология и промышленность. 2012. № 3. С. 48–54.

УДК 628.16.001.76:621.774.3

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ТРУБОПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Ермаков Д.Н., Обадин Д.Н., Галкин Ю.А.
ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ», г. Екатеринбург, Россия
mail@eco-project.ru

Ключевые слова: трубопрокатные станы, установка очистки оборотной воды, отстойник-флокулятор «ЭП ОФ», обезвоживание окалиномаслосодержащего осадка, аппарат ОКУД.

В ООО «Научно-проектная фирма «ЭКО-ПРОЕКТ» разработана и внедрена на АО «ПНТЗ» при реконструкции оборотного цикла группы трубопрокатных цехов инновационная технология глубокой очистки воды от взвешенных веществ и нефтепродуктов и обезвоживания получаемого окалиномаслосодержащего осадка. В сравнении с традиционными технологиями принципиально улучшены все технико-экономические, технологические и экологические показатели. Из внутрицеховых ям для окалины воду с расходом 800 м^3/ч перекачивают на внецеховую установку, где обрабатывают реагентами, направляют на одноступенчатую глубокую очистку в два отстойника-флокулятора «ЭП ОФ» с технологическим диаметром 8 м, охлаждают на градирне и подают потребителям. Получаемый в отстойниках-флокуляторах осадок подают на аппарат типа «ОКУД» для безреагентного гравитационного обезвоживания и хранения до отгрузки в вагоны. В очищенной воде при обработке только катионоактивным флокулянтом содержание взвешенных веществ B ≤ 20, нефтепродуктов H ≤ 2,0 мг/дм^3; размер твердых частиц D ≤ 0,05 мм. При проводимой реконструкции другого оборотного цикла, с более сложным составом воды, с обработкой двумя видами реагентов, ожидаемое содержание: B ≤ 15, H ≤ 1,5 мг/дм^3, D ≤ 0,05 мм. В обоих циклах влажность обезвоженного в «ОКУД» осадка 50 %, содержание нефтепродуктов 18,5 %, что позволяет транспортировать его в вагонах на установку подготовки к утилизации.

SPECIAL FEATURES OFTHE TUBE ROLLING MILL CIRCULATING WATER TREATMENT TECHNIUES

Yermakov D.N., Obadin D.N., Galkin Y.A.
OOO «Scientific/designing Firm «Eko-Proyekt», Ekaterinburg, Russia
mail@eco-project.ru

Key words: tube mill, circulating water treatment plant, «EP OF» settling flocculator, dehydration of scale/oil-containing residue, OKUD device.

OOO «Scientific/designing Firm «Eko-Proyekt» has developed an innovative technology of deep treatment of water in respect of suspended matter and petroleum products and dehydration of scale/oil-containing residue. The technique was applied at AO «PNTZ» in reconstruction of the closed cycle of a group of tube mills. In comparison with the traditional techniques we in principle have improved all engineering/economic and environmental indicators. From in-shop scale pits water is to be pumped to the outside device to be processed with agents, further to be transported to one-step deep treatment to two «EP OF» settling flocculators with 8 mm technological diameter, then it is to be cooled at a cooling tower and supplied to consumers. The resulted residue after the settling flocculators we transfer to the «OKUD» device for non-agent gravitation dehydration and storage prior to loading to railroad cars. The treated only with cation-active flocculating agent water contains: suspended matter B ≤ 20, petrol products H ≤ 2.0 mg/dm^3, solid particles diameter D ≤ 0.05 mm. Anther recycling process with more complicated water composition treated with two types of agents is expected to produce the following content: B ≤ 15, H ≤ 1.5 mg/dm^3, D ≤ 0.05 mm.

Both processes provide 50% humidity of the «OKUD» dehydrated residue, and 18.5% content of petrol products; that enables to transport the residue in railroad cars to utilization plants.

Актуальной задачей совершенствования водного хозяйства предприятий черной металлургии являлась разработка эффективной технологии глубокой очистки от взвешенных веществ и нефтепродуктов оборотной воды трубопрокатных станов. Ее свойства, в сравнении с другими агрегатами горячей прокатки, отличаются значительно бо́льшей дисперсностью и удельной поверхностью твердой фазы (окалины, графита и др.), повышенным содержанием свободных и сорбированных нефтепродуктов (минеральных масел и продуктов их окисления), присутствием компонентов технологических смазок, являющихся стабилизаторами дисперсной системы (фосфатов и поверхностно-активных веществ), а также других растворимых компонентов. Конкретный состав загрязнений зависит от типа трубопрокатного агрегата. Указанные особенности являются причиной существенных проблем эксплуатации внецеховых блоков водоподготовки, созданных на основе традиционных технологий, предлагаемых с некоторыми вариациями инжиниринговыми компаниями стран Евросоюза и СНГ (рис. 1, схема «А»).

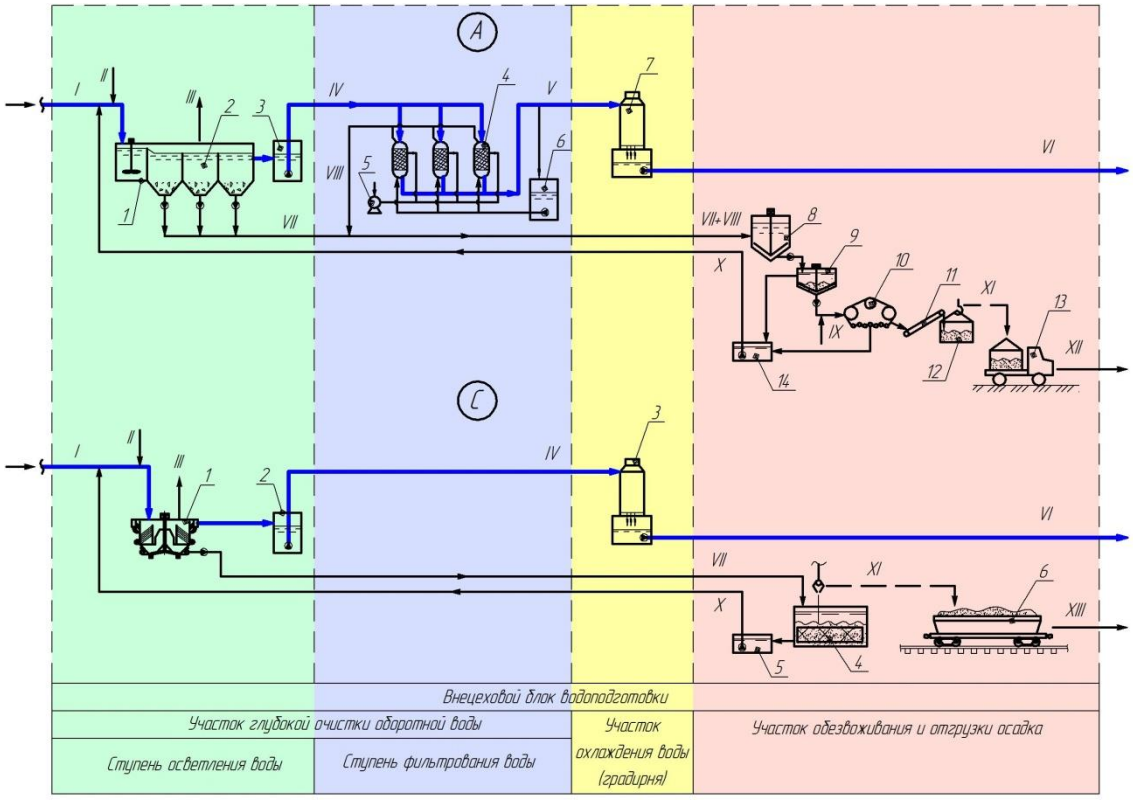


Рис. 1. Технологические схемы «А» (традиционная технология) и «С» (инновационная технология компании ЭКО-ПРОЕКТ): I – загрязненная оборотная вода от насосов внутрицеховых ям для окалины, II – ввод реагентов для очистки воды, III – удаление всплывающих нефтепродуктов, IV – осветленная оборотная вода, V – фильтрованная оборотная вода (в схеме «А»), VI – подача очищенной охлажденной оборотной воды потребителям, VII – подача осадка на участок обезвоживания, VIII – подача загрязненной промывной воды фильтров на участок обезвоживания (в схеме «А»), IX – ввод реагентов для механического обезвоживания осадка (в схеме «А»), X – возврат надосадочной воды и фильтрата (или фугата) на очистку, XI – обезвоженный окалиномаслосодержащий осадок, XII – вывоз обезвоженного осадка в контейнерах на промежуточный накопительный склад с последующей перевозкой на утилизацию (в схеме «А»), XIII – вывоз обезвоженного осадка непосредственно на утилизацию в железнодорожных вагонах (в схеме «С»).

Схема «А»: 1 – камера с механическим флокулятором, 2 – горизонтальный отстойник с тонкослойными элементами (ламелями), бункерами для накопления осадка и насосами подачи его на обезвоживание, 3 – насосная станция, 4 – осветлительные фильтры доочистки оборотной воды, 5 – воздуходувки, 6 – насосная станция для промывки фильтров, 7 – градирня и насосная станция подачи подготовленной воды потребителям трубопрокатного цеха, 8 – резервуар-усреднитель осадка и промывной воды, 9 – сгуститель осадка, 10 – фильтр-прессы (или центрифуги), 11 – конвейер, 12 – контейнер, 13 – автомобиль-контейнеровоз, 14 – насосная станция надосадочной воды и фильтрата (фугата).
Схема «С»: 1 – отстойник-флокулятор «ЭП ОФ» для глубокой реагентной очистки оборотной воды, 2 – насосная станция для подачи очищенной воды на градирню, 3 – градирня и насосная станция подачи подготовленной воды потребителям трубопрокатного цеха, 4 – аппарат «ОКУД» для безреагентного гравитационного обезвоживания осадка, 5 – насосная станция надосадочной воды и фильтрата, 6 – железнодорожные вагоны.

При очистке оборотной воды трубопрокатных станов по технологии *«А»* наиболее существенной проблемой является практически необратимая кольматация замасленными частицами окалины и графита зернистой загрузки осветлительных фильтров *4*. Она происходит, несмотря на присутствие в схеме перед фильтрами отстойника *2* с обработкой перед ним исходной воды реагентами *II*, и систем *5* и *6* для водовоздушной промывки фильтров. Вынужденное исключение фильтров из технологической цепочки значительно снижает качество подаваемой потребителям оборотной воды и приводит к необходимости продувки − сброса части ее, порядка 30 % от циркуляционного расхода, в производственно-дождевую канализацию, что компенсируется увеличенной подпиткой цикла природной водой. На рис. 2 сопоставлены нормативные требования и фактическое содержание взвешенных веществ (*В*) и нефтепродуктов (*Н*) в очищенной оборотной воде по некоторым российским трубным заводам.

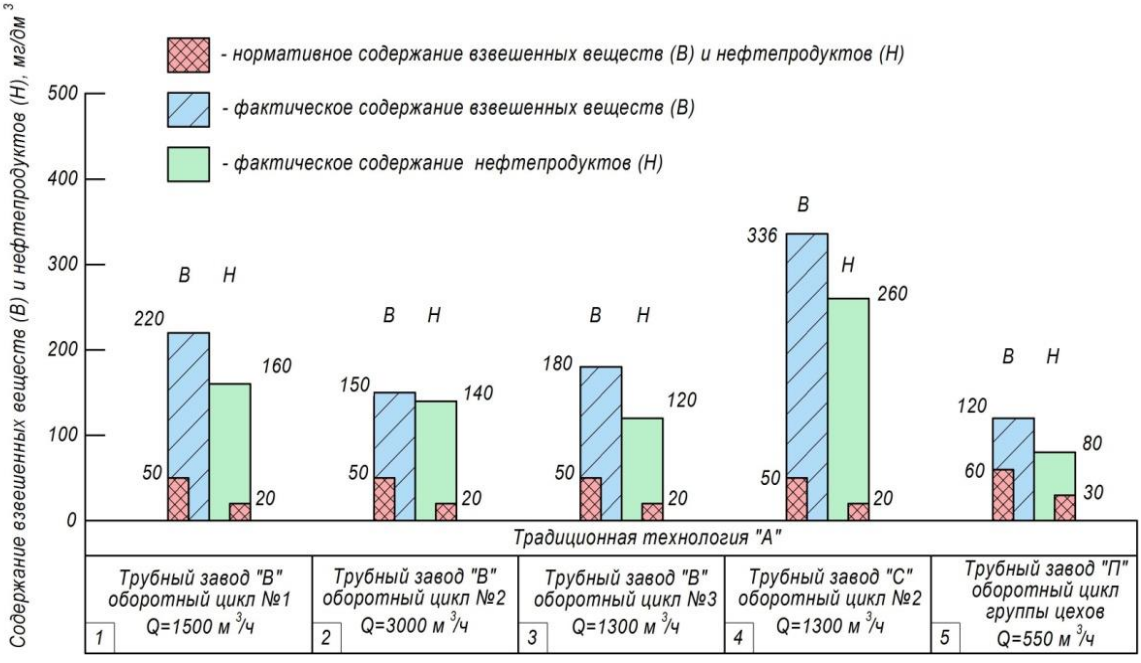


Рис.2. Нормативное и фактическое содержание взвешенных веществ и нефтепродуктов в очищенной оборотной воде трубопрокатных станов.

Из диаграммы следует, что, несмотря на большую величину продувки, фактическое содержание в очищенной оборотной воде взвешенных веществ и нефтепродуктов в разы превышает даже ранее существовавшие, менее жесткие нормативные требования: $B \leq 50 \div 60$, $H \leq 20 \div 30$ мг/л.

Для современных трубопрокатных станов в Технических заданиях *DANIELI, SMS Meer* и других компаний установлены значительно более жесткие Технические требования, мг/дм^3: общее содержание нефтепродуктов $H \leq 15$, взвешенных частиц $B \leq 20$, их максимальный размер $D \leq 0{,}2$ мм.

Другим недостатком технологии «*А*» является сложная и недостаточно надежная цепь технологического оборудования участка обезвоживания осадка. Так, при работе центрифуг *10* для обезвоживания осадка образуется высокозагрязненный фугат, поступающий в оборотный цикл и ухудшающий качество очищенной воды (рис.2, оборотный цикл *4*). При обезвоживании подобных осадков на фильтр-прессах выходят из строя фильтровальные перегородки ввиду быстрой кольматации теми же замасленными частицами окалины. Схема *«А»* требует труднореализуемой четкой работы спецавтотранспорта *13* для перевозки контейнеров *12* с обезвоженным осадком; также необходим промежуточный склад для накопления этих малых порций осадка и дальнейшей погрузки на железнодорожные платформы для вывоза к месту утилизации. По указанным и другим причинам участки механического обезвоживания на предприятиях обычно не эксплуатируют и осадки перекачивают в шламонакопители или в имеющиеся на предприятии горизонтальные отстойники.

Технология «*А*» требует повышенного потребления энергии ввиду прокачки насосной станцией *3* оборотной воды на градирню 7 через осветлительные фильтры *4*, имеющие значительное гидравлическое сопротивление, работы компрессорной *5* и насосной *6* станций для промывки фильтров, а также центрифуг или фильтр-прессов с их инфраструктурой. В схеме содержится большое количество оперативной электро- и пневмоприводной трубопроводной арматуры, особенно на ступени фильтрования, где она имеет большой диаметр. Схема в целом оснащается сложными системами автоматизированного управления и электроснабжения.

При разработке в компании *ЭКО-ПРОЕКТ* инновационной технологии очистки оборотной воды трубопрокатных станов (рис. 1, схема *«С»*) были поставлены задачи:

- достижения качества воды, отвечающего дифференцированным техническим требованиям − как давно эксплуатируемых, так и новейших трубопрокатных станов,
- обеспечения надежности работы и простоты эксплуатации,
- существенного улучшения экологических и технико-экономических показателей в сравнении с технологией *«А»*.

Созданная технология *«С»* (рис. 1) базируется на иных концептуальных подходах /2/ и в ее основу положены исследования, выполненные на оборотных циклах водоснабжения ряда трубных заводов Урала. По этой технологии глубокая очистка оборотной воды производится после внутрицеховых ям для окалины в одну ступень − в отстойниках-флокуляторах типа *«ЭП ОФ»* с предварительной обработкой одним или комбинацией двух реагентов. В ряде случаев предусматривается более сложная система, включающая локальную очистку для некоторых, относительно небольших потоков сточных вод, имеющих специфический состав (высокое содержание графита, антиокислителей и др.). Обезвоживание всего получаемого осадка, в т.ч. при подготовке подпиточной воды, в любом случае производится без применения реагентов, также в одну ступень – в аппаратах типа *«ОКУД»*.

Принципиальная схема отстойников-флокуляторов типа *«ЭП ОФ»*, производимых компанией *ЭКО-ПРОЕКТ* для применения в технологических процессах очистки природных и техногенных вод, показана на рис. 6.

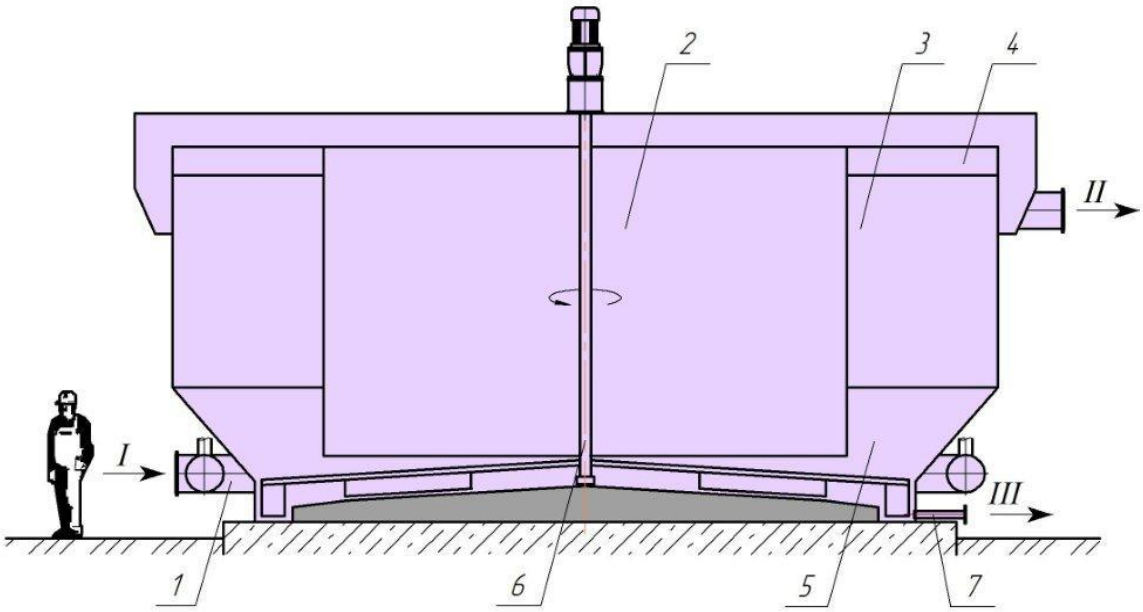


Рис. 6. Принципиальная схема отстойника-флокулятора типа «ЭП ОФ». I – ввод исходной воды, II – выход очищенной воды, III – выход осадка; 1 – система для ввода исходной воды, гидравлического перемешивания и регулирования его параметров, 2 – камера флокуляции (хлопьеобразования, реакции), 3 – камера тонкослойного отстаивания, 4 – система для сбора и отвода осветленной воды; 5 – камера для накопления и первичного сгущения осадка, 6 – скребковый механизм с центральным приводом, 7 – патрубок для отвода осадка.

При создании отстойников-флокуляторов были выполнены лабораторные и опытно-промышленные исследования, оптимизация конструктивных и режимных параметров компьютерным моделированием с использованием программы *FlowVision*, анализ негативного и позитивного опыта эксплуатации. В результате созданы модификации аппаратов, которые работают в режимах, близких к оптимальным. В зависимости от реализуемого технологического процесса, аппараты имеют конструктивные особенности и, соответственно, разную производительность. Так, она составляет для аппаратов с технологическими диаметрами: 3 м – 20 ÷ 35 м^3/ч, 10 м – 600 ÷ 1200 м^3/ч, 12 м – 900 ÷ 1800 м^3/ч.

Эффективность очистки оборотной воды *МНЛЗ*, станов горячей прокатки, термоотделов близка к результатам доочистки на осветлительных фильтрах /3/. Наиболее высокое качество очищенной воды: B = 5 ÷ 7, H = 0,1÷ 0,2 мг/дм^3, соответствующее ПДК водных объектов культурно-бытового водопользования достигнуто при двухреагентном осветлении с удельной гидравлической нагрузкой q = 7 м^3/(м^2·ч) производственно-дождевых сточных вод металлургических и машиностроительных предприятий /4/.

Отстойники-флокуляторы применены в установках водоподготовки в атомной и традиционной энергетике, в черной и цветной металлургии, на станциях централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения /5/.

Аппараты могут быть размещены, как внутри, так и вне зданий при любых климатических условиях (рис.7 и 8).



Рис. 7. Отстойник-флокулятор «ЭП ОФ» с технологическим диаметром 10 м в оборотном цикле водоснабжения МНЛЗ.



Рис. 8. Омутнинский метзавод. Оборотный цикл водоснабжения цехов горячей прокатки производительностью 900 м^3/ч с одним отстойником-флокулятором «ЭП ОФ» диаметром 10 м (без резервирования).

В схеме *«С»* (рис. 1) для обезвоживания получаемых окалиномаслосодержащих осадков *VI*, которые технически невозможно или экономически нецелесообразно обезвоживать на центрифугах и фильтр-прессах, применены аппараты типа «ОКУД».

Степень обезвоживания образующегося осадка, как и для механических аппаратов, зависит от его свойств – в основном от дисперсности твердой фазы и содержания нефтепродуктов. При высоком их содержании в осадке, в «ОКУД» происходит, наряду с обезвоживанием, также и частичное обезмасливание за счет сжатия пространства между частицами окалины и выдавливания нефтепродуктов на поверхность слоя воды. Хорошо осветленные надосадочная вода и фильтрат, отводимые из «ОКУД» в схему очистки перед отстойниками-флокуляторами, не ухудшают качество очищенной оборотной воды. Эти аппараты эксплуатируют на многих металлургических предприятиях и в других отраслях промышленности, поскольку при высокой эффективности имеют простую конструкцию, практически не требуют участия эксплуатационного персонала и затрат энергии, выполняют

дополнительную функцию − хранение обезвоженного осадка с периодической выгрузкой грейфером в вагоны, что значительно упрощает логистику передачи осадка на утилизацию /6/.

Основываясь на указанных разработках, компания ЭКО-ПРОЕКТ разработала технологию *«С»* и реализовала ее в 2015 г. на ОАО «Первоуральский Новотрубный завод (ПНТЗ) при реконструкции оборотного цикла водоснабжения трубопрокатных цехов №1, 2 и 5. Установка водоподготовки (*БОС-1*) включает основные участки − глубокой очистки оборотной воды на отстойниках-флокуляторах (рис. 9) и обезвоживания на *«ОКУД»* осадка с его периодической отгрузкой (рис.10, 11).



Рис. 9. ОАО «ПНТЗ». БОС-1. Участок глубокой очистки оборотной воды в отстойниках-флокуляторах «ЭП ОФ» с технологическим диаметром 8м и производительностью 500 м^3/ч.

Технологией предусмотрена возможность работы в двух основных режимах реагентной обработки, отличающихся глубиной очистки оборотной воды. Оба режима отработаны в трехлетний период пуско-наладки и эксплуатации *БОС-1*.

При работе в первом режиме − при обработке воды только катионоактивным флокулянтом с дозой ≤ 0,5 мг/дм^3, фактические параметры очищенной оборотной воды с вероятностью 95 % составляют: $B \leq 20$ мг/дм^3, $H \leq 2$ мг/дм^3, $D \leq 0{,}05$ мм. при Технических требованиях к воде данного оборотного цикла: $B \leq 60$, $H \leq 15$ мг/дм^3. Полный отказ от использования реагентов − интенсификаторов процесса очистки оборотной воды – не позволяет гарантировать выполнение установленных требований, однако возможна более экономичная − периодическая ее обработка.

В *БОС-1* обезвоживание осадка, получаемого в отстойниках-флокуляторах производится на расположенных вне здания аппаратах *«ОКУД»* (рис. 10, 11). Обезвоженный осадок из *«ОКУД»* показан на рис. 12.



Рис. 10. ОАО «ПНТЗ». БОС-1. Участок с аппаратами «ОКУД» для обезвоживания окалиномаслосодержащих осадков из отстойников-флокуляторов, хранения и отгрузки в железнодорожные вагоны.



Рис. 11. ОАО «ПНТЗ». БОС-1. «ОКУД» в фазе накопления и уплотнения осадка.

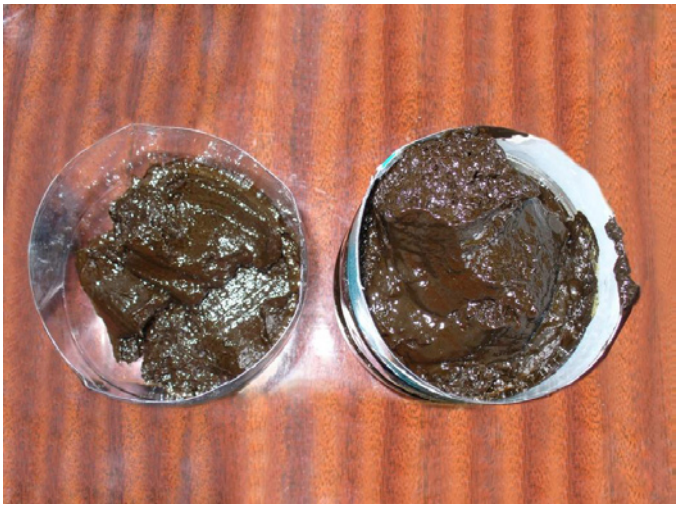


Рис. 12. Обезвоженный осадок из аппаратов «ОКУД».

Среднее соотношение содержания в обезвоженном осадке компонентов (вода : нефтепродукты : твердое), составляет по массе – 50 : 18,5 : 31,5, а по объему – 63: 28 : 9. Более высокая влажность (около 50 %) в сравнении с обезвоженным осадком *МНЛЗ* и других станов горячей прокатки (15÷25 %), вызвана упомянутыми свойствами оборотной воды трубопрокатных станов. Однако данный состав осадка позволяет перегружать его грейферным краном и транспортировать в вагонах на установку подготовки к утилизации, например, термическим обезмасливанием с последующей переработкой на безобжиговые окатыши /7–9/.

В выполняемом компанией ЭКО-ПРОЕКТ проекте реконструкции «грязного» оборотного цикла трубопрокатного цеха №8 ПНТЗ Техническим заданием установлены для очищенной оборотной воды следующие требования: $B \leq 20$, $H \leq 2$ мг/дм^3, $D \leq 0{,}05$ мм. Несмотря на более сложный состав загрязненной воды (увеличенное содержание фосфатов и других компонентов, применяемых в технологии прокатки), второй, двухреагентный режим позволит получать очищенную воду с показателями: $B \leq 15$ мг/дм^3, $H \leq 1{,}5$ мг/дм^3, $D \leq 0{,}05$мм.

Таким образом, создание установок водоподготовки оборотных циклов трубопрокатных станов по технологии «С» компании ЭКО-ПРОЕКТ позволяет:

*обеспечить надежный и эффективный процесс очистки оборотной воды и обезвоживания получаемого осадка за счет:

- инновационных, научно обоснованных, запатентованных, прошедших производственную апробацию решений по технологии и оборудованию;
- упрощения технологических цепей и конструкции оборудования при одновременном повышении их эффективности;

*снизить затраты энергии:

- на технологию очистки воды и обезвоживания осадка – до 5 раз за счет использования преимущественно сил гравитации;
- на циркуляцию оборотной воды по более коротким водоводам за счет возможности размещения компактных водоочистных блоков вблизи потребителей;

*сократить стоимость строительства и эксплуатации вследствие:

- уменьшения габаритов основного оборудования, упрощения технологических цепей и соответствующей инфраструктуры (*АСУ ТП*, энергоснабжение, *ОиВ*);
- возможности размещения основного водоочистного и обезвоживающего оборудования, как в зданиях, так и открыто на территории предприятия;
- сокращения длины водоводов и других коммуникаций за счет приближения компактных блоков водоподготовки к потребителям воды;
- упрощения схемы хранения и транспортировки обезвоженного осадка на утилизацию;

*получить следующие экологические результаты:

- сократить на порядок или исключить полностью сброс загрязненной оборотной воды (продувки) через производственно-дождевую канализацию в водные объекты;
- сократить в том же количестве потребление природной воды на подпитку оборотного цикла;
- снизить выбросы загрязнений в атмосферу за счет уменьшения площади зеркала воды в компактных водоочистных аппаратах и оснащения их укрытиями;
- упростить процесс подготовки к утилизации образующихся отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галкин Ю.А.* Инновационные технологии систем производственного водоснабжения заводов черной металлургии: автореф. дис…. д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2011. 58 с.

2. *Галкин Ю.А.* Разработка и результаты применения отстойников-флокуляторов для очистки оборотной воды металлургических заводов России и Украины // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 2. С. 5–9.
3. *Галкин Ю.А.* Технологическая система очистки сточных вод производственно-дождевой канализации // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 4. С. 27–37.
4. *Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В.* Отстойники-флокуляторы «ЭП ОФ» в технологиях водоподготовки из поверхностных и подземных источников // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2016. № 6. С. 20–28.
5. *Галкин Ю.А., Сидорова И.А.* Технология обезвоживания окалиномаслосодержащих осадков // Сталь. 2007. № 12. С. 91–93.
6. *Галкин Ю.А., Аксенов В.И., Чесноков А.А., Лотош В.Е.* Установка для утилизации окалиномаслосодержащих осадков сточных вод трубопрокатных цехов // Сталь. 1985. № 10. С. 91–93.
7. *Лотош В.Е.* Фундаментальные основы природопользования. Кн. 3. Переработка отходов природопользования. Екатеринбург: Полиграфист, 2007. 503 с.
8. *Подковыркин Е.Г., Жуков Ю.С., Коршунова Н.Г., Баков А.В., Витков О.А.* Опыт эксплуатации промышленных установок огневого обезвреживания железосодержащих техногенных материалов // Сталь. 2010. № 3. С. 115–117.

УДК 628.17

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА И ОБЪЕМА ВОДЫ В ОТРАСЛЯХ ЖКХ – ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

Иванов И.М.
ФБУ «УРАЛТЕСТ», г. Екатеринбург, Россия
iivanov@uraltest.ru

Ключевые слова: объем воды, расход воды, Росстандарт, федеральный проект «Чистая вода».

Учитывая особенности измеряемых сред и условия, в которых необходимо производить измерения, стоит ряд острых вопросов, требующих выполнения мероприятий по разработке и актуализации нормативно-правовых документов, созданию и совершенствованию узлов учета воды, совершенствования эталонной базы по поверке средств измерения, метрологической экспертизы проектов узлов учета и выполнение метрологического надзора за ними.

METROLOGICAL SUPPORT OF THE WATER FLOW RATE AND VOLUME MEASUREMENT IN COMMUNAL SECTOR (WATER SUPPLY AND WATER DISPOSAL)

Ivanov I.M.
URALTEST, Ekaterinburg, Russia
iivanov@uraltest.ru

Key words: water volume, water flow rate, Rosstandart, the “Clean Water” Federal project

There are some very important issues associated with specific features of environment and conditions under measurement. The require development and updating of regulatory documents, development and production of water measuring devices, improving of the measuring instruments verification reference base, metrological examination of the measuring devices design and metrological supervision over them.

Осуществляя полномочия РОССТАНДАРТА в Свердловской области в сфере технического регулирования и метрологии, включая стандартизацию, обеспечение единства измерений, оценку соответствия, аккредитацию, испытания и пропаганду политики Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Свердловской области» (ФБУ «УРАЛТЕСТ») является одним из крупнейших центров метрологии в Российской Федерации.

Опираясь на Постановление Правительства Свердловской области от 29 октября 2013 г. N 1330 «Об утверждении государственной программы Свердловской области «Развитие жилищно-коммунального хозяйства и повышения энергетической эффективности в Свердловской области до 2024 года», Приказ Росстандарта от 07 февраля 2018 г. N 256 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерения массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расхода жидкости», федеральный проект «Чистая вода», сложившуюся ситуацию на рынке калибровки (поверки) средств измерений (СИ) в Свердловской области, в условиях постоянно растущего спроса, а также исходя из анализа информации об оснащенности эталонами основных Центров стандартизации, метрологии и испытаний в Уральском федеральном округе и их потребность в получении единицы измерений от вышестоящих по поверочной схеме эталонов ФБУ «УРАЛТЕСТ» определило для себя одним из приоритетных

направлений развития – обеспечение единства измерений параметров расхода жидкости и количества теплоты, с необходимостью расширения своих поверочных (калибровочных) возможностей путем приобретения поверочной установки с метрологическими характеристиками соответствующими вторичному эталону и организации Расходомерного центра.

Реализация данного проекта делает возможным решение существующих проблем в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений при выполнении государственных учетных операций и учете количества энергетических ресурсов на региональном уровне, реализовать программы обеспечения географической доступности государственных услуг передачи единиц измерения рабочим эталонам и СИ, тем самым снизить сроки и стоимость оказания услуг, а так же решить ряд задач, поставленных региональным правительством в социально-значимой сфере.

УДК 551.583:332.12

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА МАЛЫХ ТЕРРИТОРИЯХ: НА ПРИМЕРЕ О. САН-АНДРЕС В КАРИБСКОМ МОРЕ

Камило Лесмес Фабиан
Университет Сан Томас, г. Тунха, Колумбия
Camilo.lesmes@usantoto.edu.co

Ключевые слова: управление водными ресурсами; малые острова; оценка устойчивости; изменение климата.

Вода – важный ресурс для многих стран и ее нехватка представляет собой предмет большой озабоченности на небольших территориях, особенно на островах, где имеется три основных источника: постоянное извлечение подземных вод, опреснение морской воды и сбор дождевой воды. Однако деятельность человека и изменение климата создают дефицит воды с высоким риском катастрофических последствий. Это привлекло внимание ученых и заинтересованных сторон к оценке устойчивости и разработке стратегий более устойчивого водопользования. Острова Сан Андрес в Карибском море были выбраны в качестве примера, было сделано описание местной водной системы для понимания происходящих процессов и имеющихся потоков, с учетом таких компонентов, как климатические условия, почва, виды водопользования и управление сточными водами. После этого была выполнена оценка устойчивости водной системы по следующим показателям: источники воды, питьевое водоснабжение, система отведения сточных вод, очистка сточных вод, управление твердыми отходами, адаптация к климату и управление. В заключение предложены стратегии адаптации к изменению климата с целью совершенствования управления водными ресурсами по таким вопросам, как водная безопасность, качество воды, экотуризм и административное регулирование. Эти результаты могут относиться к управлению водными ресурсами на малых островах по всему миру в тех местах, где экономика базируется по большей части на туризме и чья водная безопасность подвергается большим рискам в контексте изменения климата.

CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGIES FOR SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT IN SMALL ISLANDS

Camilo Lesmes Fabián
PhD in Anthropogeography (University of Munich), Master in Environmental Science (Wageningen University), Researcher in the Faculty of Environmental Engineering, Saint Thomas University, Tunja, Colombia
Camilo.lesmes@usantoto.edu.co

Key words: water management; small islands; sustainability assessment; climate change.

Water is an important resource for many countries and its scarcity is a major concern in small territories, especially in the islands where there are three main sources: the constant extraction of groundwater, the desalination of sea water, and the rain harvest. However, the anthropogenic activities and the climate change are creating a water availability deficit with a high risk of calamity. This has called the attention of scientists and stakeholders in order to assess the sustainability and to establish strategies for a more sustainable water use. San Andres Island in the Caribbean Sea was taken as a case study and a description of the water system was carried out in order to understand all the processes and flows involved, taking into account components such as the climate conditions, soil, water use, and wastewater management. Afterwards, a sustainability assessment of the water system was performed with indicators such as water sources, drinking

water services, sewer system, wastewater treatment, solid waste management, climate adaptation, and governance. Finally, climate change strategies are proposed to improve the water management in issues such as water security, water quality, ecotourism, and governance. The results are relevant for the water management in small islands across the world whose economy is based mainly on tourism and whose water security is at a high risk in the context of climate change.

Наибольший в мире объем незамерзшей и доступной пресной воды содержится в подземных водах [1], и для многих стран они считаются важным ресурсом сельскохозяйственного и питьевого водоснабжения [2]. По всему миру подземные воды составляют около 30 % пресной воды, в основном используемой на питьевые и хозбытовые нужды (22 %), производство продовольствия (67 %) и промышленную деятельность (11 %) [3]. Также признается, что в мире подземные воды стали большой проблемой в социально-экономической перспективе [4]. На протяжении последних десятилетий растущий мировой спрос на подземные воды привел к необходимости принятия мер по мониторингу этого ресурса в устойчивом контексте, где бы находились в балансе окружающая среда, общество и экономика [5]. Эта проблема особенно актуальна для малых островов, где пресная вода поступает преимущественно из источников подземных вод, пополнение которых зависит от климата, топографии, геологии и растительного покрова [6]. Большинство из этих островов занимает небольшую территорию, имеет недостаточно ресурсов, удалены от материка, подвержены действию природных катаклизмов и уязвимы перед изменениями климата – все эти проблемы заставляют заинтересованные стороны формулировать адекватные ответы в смысле управления водными ресурсами [7].

Для малых островов часто характерна высокая рождаемость, превышающая темпы экономического роста, что происходит в контексте нескольких неблагоприятных моментов, таких как избыточная зависимость от международной торговли, перерасход и преждевременное истощение ресурсов, относительно маленькие водосборы, находящееся под угрозой водоснабжение, дорогостоящее администрирование и инфраструктура, включая транспорт и связь, и ограниченные институциональные возможности [8]. Второй фактор – изменение климата, при котором растет уровень двуокиси углерода в атмосфере, и, если эта тенденция продолжится, климатические характеристики изменятся и это окажет влияние на гидрологические циклы, управляющие типом погоды. Хотя повышение температуры, вероятнее всего, приведет к увеличению осадков в глобальном масштабе, оно может привести или к увеличению, или к сокращению дождевых осадков на местном уровне, в зависимости от конкретных климатических условий и геоморфологических характеристик [9]. С учетом двух этих моментов оценка устойчивости на малых островах требуется, для того чтобы понимать последствия фактической эксплуатации подземных вод и формулировать стратегии для защиты водоносных слоев, в экологическом, социальном и экономическом контекстах. Это требование представляет собой вызов, заключенный в Agenda 2030 в виде шестой из целей устойчивого развития [10].

Учитывая насущность вышеуказанных проблем, задачи настоящего исследования: a) исследовать водную систему малого острова Сан-Андрес с холистической точки зрения; b) оценить уровень устойчивости системы в социальной и экологической перспективе и c) предложить серию стратегии безопасности, качества и управления в целях совершенствования управления водными ресурсами острова, Сан-Андрес в Карибском море которые могли бы быть применены на других территориях по всему миру. Остров выбран в качестве наглядного примера в силу убыстряющегося темпа роста его населения и растущей туристической активности. Это создает риски для водной безопасности и создает негативное воздействие на окружающую среду, увеличивая давление на основные экосистемы острова, такие как мангровые заросли, коралловые рифы и водосборы, и вызывая их деградацию [11].

Устойчивость была оценена по различным категориям индикаторов таким, как источники воды, источники питьевой воды, система канализации, очистка сточных вод, управление твердыми отходами, адаптация к климату и руководство. Эти индикаторы

оценивались по трем уровням: высокоустойчивые, неудовлетворительно устойчивые и неустойчивые. На основе оценки устойчивости была предложена серия стратегий, направленных на совершенствование управления водными ресурсами на острове.

МЕТОДОЛОГИЯ

Архипелаг Сан-Андреас, Провиденсиа и Санта-Каталина представляет собой часть колумбийской территории и расположен к северо-востоку от колумбийского континентального побережья на западе карибского моря примерно в 240 км от Центральноамериканского побережья (рис. 1.). Он состоит из трех главных островов: Сан-Андрес, Провиденсиа и Санта-Каталина [11]. Остров Сан-Андрес расположен у северного конца так называемой Зоны интер-тропической конвергенции (ZCIT). Он имеет площадь примерно 26 км^2 и население 77 000 жителей. Основные виды хозяйственной деятельности – туризм, торговля и производные услуги. Средняя температура 26°C [11]. Для более полного описания системы управления водными ресурсами в системе были выделены четыре компонента: атмосферный отдел (осадки и их стокообразующая часть), почвенный отдел (почва, подпочва и водоносный слой), водный отдел (опреснительная установка и станция водоподготовки), и водопользование (хозбытовое использование населением, септик-танки, система канализации и морской выводной коллектор).

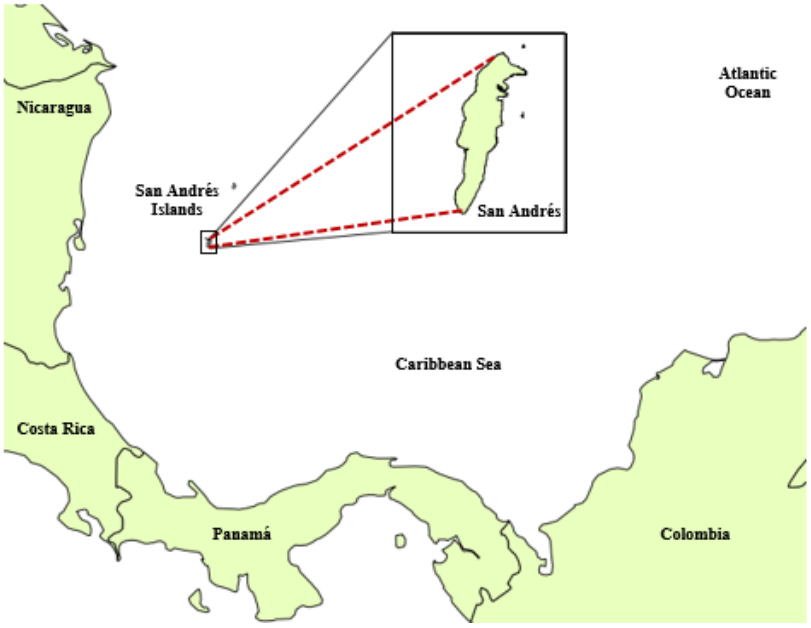


Рис.1. Расположение о. Сан Андрес в Карибском море.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Водопотребление

Водный цикл в системе начинается с двух источников: естественные осадки и забор соленой воды из моря. Согласно официальным отчетам [11], в среднем осадки на острове составляют 1900 мм в год. Наиболее критичные месяцы – с декабря по апрель, когда выпадает от 1 до 13 мм осадков в месяц. Период с июня по ноябрь дает наибольшее количество осадков – от 147 до 183 мм. Среднее потребление воды, требующееся на душу населения, составляет 150 л в день. Однако в год остров посещает примерно миллион туристов, чье водопотребление составляет 186 л в день. Из общего потребления воды, 36 % поступает со станций водоподготовки, 35 % – с опреснительной установки, 21 % – непосредственно от сбора дождевой воды и 8 % – прямо из колодцев. Станции водоподготовки дают приблизительно 6000 м^3 (82 % из водоносных слоев) из 11,000 м^3,

необходимых для острова, что выливается в дефицит в 48 %. Только 60 % населения имеет доступ к водопроводу. Домашние хозяйства, не имеющие такого доступа, собирают дождевую воду. Имеется около 6000 колодцев, из которых 96 % расположены в жилых районах, а остальные колодцы используются ресторанами, отелями и государственными учреждениями.

Управление сточными водами

Сточные воды сбрасываются в 10 266 септиков, размещенных по всей территории острова [12]. 84 % домохозяйств обладают септиками. Некоторые из них нормально обслуживаются, сточные воды из них забираются автоцистернами местной компании. Однако из-за большого количества септиков, большинство из них действует как естественные фильтры, с инфильтрацией воды через слои почвы. Собранные автоцистернами стоки сбрасываются в море через морской выводной коллектор. По официальным отчетам через морской выводной коллектор проходит только 26 % сточных вод. На острове нет сооружений для очистки сточных вод.

Загрязнение водоносных слоев

Существует два источника загрязнения водоносных слоев. По причине постоянного изъятия воды происходит проникновение морской воды в водоносные горизонты. Кроме того, происходит фильтрация сточных вод из септиков в подпочву. Только 1 % подземных вод пригоден для питья, 69 % очень загрязнены и 30 % загрязнены умеренно [13].

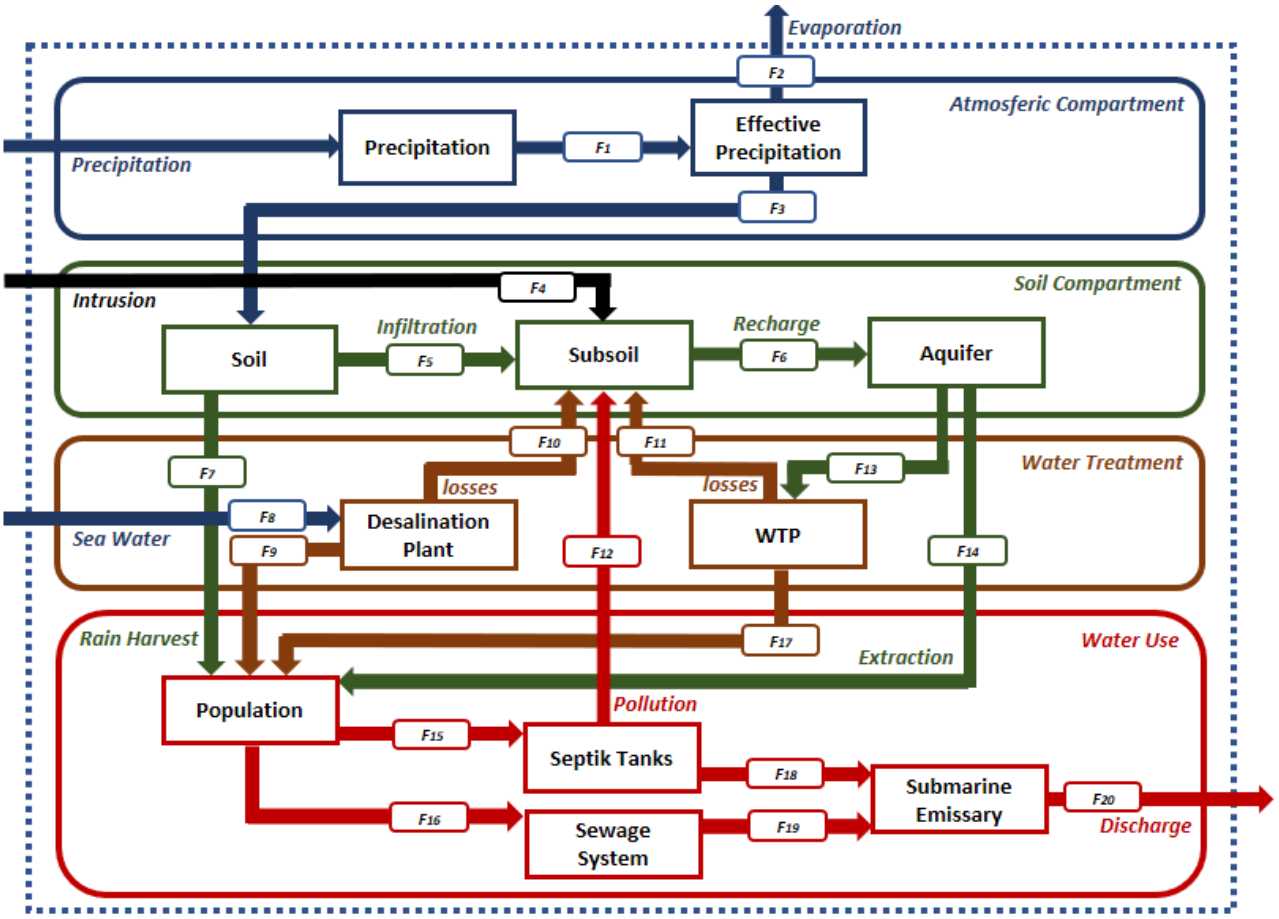


Рис. 2. Система течения воды для острова Сан-Андрес.

Табл. 1. Оценка устойчивости системы управления водным ресурсами (адаптировано из Koop et al., 2015) [14].

Category	Indicator	Value
Источники воды	Качество поверхностных вод	Неустойчивое
	Качество подземных вод	Неустойчивое
	Дождевая вода	Высокоустойчивое
Питьевое водоснабжение	Станции водоподготовки	Неустойчивое
	Опреснительные установки	Неудовлетворительно устойчивое
	Доступ к питьевой воде	Неустойчивое
	Протечки в водоснабжении	Неустойчивое
	Потребление воды	Неудовлетворительно устойчивое
Система канализации	Доступ к канализации	Неустойчивое
	Возраст канализации	Неустойчивое
	Разделение дождевых вод	Неустойчивое
Управление сточными водами	Очистка сточных вод	Неустойчивое
	Получение энергии	Неустойчивое
	Получение биогенов	Неустойчивое
	Повторное использование ила	Неустойчивое
Управление твердыми отходами	Сбор твердых отходов	Неудовлетворительно устойчивое
	Переработка твердых отходов	Неудовлетворительно устойчивое
	Получение энергии из твердых отходов	Неустойчивое
Адаптация к климату	Зеленое пространство	Высокоустойчивое
	Экологичные строения	Неудовлетворительно устойчивое
	Биоразнообразие	Высокоустойчивое
	Зеленое пространство	Высокоустойчивое
	Прирост населения	Высокоустойчивое
Управление	Управление на местном уровне	Неустойчивое
	Участие общественности	Высокоустойчивое
	Ланы действий по воде	Высокоустойчивое
	Регулирование водных ресурсов	Высокоустойчивое
	Мониторинг системы	Неудовлетворительно устойчивое
	Инвестиции в систему	Неустойчивое

Оценка устойчивости

Оценка устойчивости показала, что на водную безопасность влияют климат, несовершенство системы водоснабжения и туризм. По причине роста населения и недостаточности мер в отношении политики охраны окружающей среды качество поверхностных вод подвергается умеренному риску загрязнения. Что касается подземных вод, то 99 % колодцев загрязнены из-за инфильтрации загрязняющих веществ через слои почвы и недостаточного обслуживания септиков. Даже несмотря на то, что качественные параметры прошедшей подготовку воды отвечают требованиям, половина населения не имеет доступа к системе водоснабжения, а течки подготовленной воды составляют 78 %, что очень много для региона с дефицитом воды. Сейчас строятся очистные сооружения для сточных вод, однако в работе происходят задержки и это создает высокий риск загрязнения водной системы острова. По инфраструктурным показателям: только 26 % населения имеет доступ к канализационной системе. Местное правительство доложило план развития на 2019 год, но в нем не содержится никаких определенных мер по адаптации к изменениям климата – ни оценки рисков, ни реализации устойчивых стратегий энергопотребления и строительства. И, наконец, несмотря на то что территория Сан-Андрес включена в биосферный заповедник «Санфлауэр», учрежденный

ЮНЕСКО в 2000 году, колумбийское ведомство по охране окружающей среды только в 2005 объявило о создании «Охранной морской зоны». Это указывает на проблему, связанную с управлением политикой по охране окружающей среды, и отражается низким уровнем участия общественности в лице муниципалитетов. Обобщая, можно сказать, что оценка устойчивости установила 15 индикаторов неустойчивости, 6 – неудовлетворительной устойчивости и 8 – высокой устойчивости (табл. 1). Целью этой оценки было определение возможных для реализации стратегий достижения устойчивости.

Стратегии водной безопасности

Водная безопасность на острове Сан-Андрес находится в зоне высокого риска, с учетом того, что у населения низкий уровень доступа к водоснабжению, имеющему два источника: подземные воды и опреснение морской воды. Кроме того, вся система непосредственно зависит от таких природных явлений, как осадки, сток, инфильтрация в почву и интрузия морской воды. В контексте изменения климата должна быть выработана стратегия, концентрирующаяся на понимании гидрологической системы и включающая в себя понимание социальной динамики н острове, экономика которого основана на туризме. Поэтому требуется социо-гидрологический подход, для того чтобы достичь успехов в прогнозировании, планировании и принятии решений [15]. Это позволит усилить водную безопасность через следующие фазы: a) понимание системы, разработка гидрологических моделей в соответствии с экстремальными сценариями изменения климата, чтобы оценить риски, вытекающие из этих изменений; b) объединение островных соответствующих заинтересованных сторон, таких, как владельцы отелей, туристические агентства, ведомства по охране окружающей среды, государственные чиновники, муниципалитеты и представители малого бизнеса; c) реализация стратегий комплексного управления водными ресурсами с участием всех заинтересованных сторон и в контексте изменений климата и оценки рисков. Реализация стратегий требует инвестиций для удовлетворения спроса на воду со стороны сообщества, создания планов на случай чрезвычайных ситуаций и для непрерывного мониторинга системы.

Стратегии обеспечения качества воды

Экономическое развитие острова основано на туризме, который генерирует большие количества сточных вод и твердых отходов. Кроме того, отсутствие мощностей по очистке сточных вод и слабая инфраструктура канализационной системы, доступной только для 26 % населения, приводят к высокому уровню загрязнения как подземных вод, так и морских вод, окружающих территорию острова. Именно постоянный мониторинг подземных вод дал информацию о низком качестве воды в 99 % скважин. С учетом того, что сточные воды – источник загрязнения подземных вод, почвы и экосистем [16], эта базовая информация помогает в создании стратегий, которые должны включать в себя массовую установку пластиковых септиков с частым и регулярным сбором сточных вод и начало эксплуатации очистных сооружений для сточных вод. Сбор сток из септиков и их очистка должны включать в себя получение энергии и биогенов, что является важным индикатором устойчивости, это будет целью достижения устойчивости к 2030 году. Кроме того, правильное управление отходами считается приоритетом в смысле предотвращения свалок – важного источника загрязнения.

Экотуризм как одна из стратегий управления водными ресурсами

Стратегии водного управления должны двигаться в направлении программы экотуризма, которая должна включать в себя гармонизированную с природой политику, экологически устойчивые действия, образовательные программы по охране окружающей среды, экономические выгоды для местного сообщества и оптимальную степень удовлетворенности туристов [17]. Сан-Андрес является биосферным заповедником, признанным ЮНЕСКО, и это потенциал повышения качества управления водными ресурсами и разработки стратегий экотуризма. Туристам нужно рассказывать о характере

водных проблем острова, о стратегиях водного управления, программах управления твердыми отходами и направлениях политики по защите экосистем.

Стратегия управления

Управление водными ресурсами – это комплексный и многосоставный процесс, в котором задействованы различные юрисдикции, органы власти, который распылен по различным институтам разных масштабов и иерархических уровней. Стратегии управления для данного острова рассматриваются согласно подходу, изложенному Woodhouse и Muller [18]. В случае скудности водных ресурсов, очевидно, что спрос на воду превосходит имеющееся предложение, поэтому наличность воды определяется финансовыми возможностями создать дополнительное предложение, увеличивая мощности опреснительных установок, повышая качество и эффективность сети водоснабжения. Что касается совместного участия, то заинтересованные стороны на высшем уровне должны обеспечить участие всех ассоциаций, муниципалитетов, жителей, правительственных и природоохранных учреждений, туристических агентств, для того чтобы создать площадку для обсуждения всех природоохранных вопросов, относящихся к воде. Относительно масштаба – стратегии управления водными ресурсами должны обсуждаться с учетом всех смежных секторов, таких как городские территории, сельские территории, особые густонаселенные районы по всему острову, оказывающие и большое воздействие на водные ресурсы и больше всех в них заинтересованные. В экономической перспективе существуют стратегии, такие как установление прав собственности на количество воды, управление качеством воды, оперативные вопросы, взимание платы за загрязнение, взимание платы за сброс стоков, адаптация водопользования к изменениям климата и изменение государственных и частных приоритетов относительно охраны окружающей среды и водных ресурсов. Однако эти вопросы должны обсуждаться заинтересованными сторонами на всех иерархических уровнях. И, наконец, в отношении управления: особенно актуально и обязательно наличие сети или коллективной организации для малого бизнеса острова, для обсуждения таких связанных с водой вопросов, как общая собственность с большим риском дефицита воды в контексте климатических изменений. Важно учитывать, что на сети, как указывают Woodhouse and Muller, оказывают воздействие физические факторы, различные уровни экономического и социального развития, а также политические и культурные нормы, выработавшиеся на протяжении долгого времени.

ВЫВОДЫ

В контексте изменений климата острова – это небольшие территории, воспроизводящие, в малом масштабе, глобальную ситуацию с водной безопасностью и дефицитом воды. В статье дается описание системы управления водными ресурсами на острове Сан-Андрес и приводится оценка ее устойчивости, в результате которой было определено «неустойчивое управление водными ресурсами». Однако объединения заинтересованных сторон, улучшения в управлении твердыми отходами и сточными водами, повышение мощности инфраструктуры водоснабжения и реализация программ экотуризма – это те стратегии, которые могут помочь поднять уровень устойчивости на острове.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gun J.* Groundwater and global change trends, opportunities and challenges; UNESCO, Paris, 2012; ISBN 978-92-3-001049-2.
2. *Niu B.; Loáiciga H.A.; Wang Z.; Zhan F.B.; Hong S.* Twenty years of global groundwater research: A Science Citation Index Expanded-based bibliometric survey. Journal of Hydrology. 2014. 519. Pp. 966–975.
3. *Wada Y., Beek L.P.H. van, Kempen C.M. van, Reckman J.W.T.M., Vasak S., Bierkens M.F.P.* Global depletion of groundwater resources. Geophysical Research Letters. 2010. 37 p.

4. *Burke J.J., Moench M.H.* Groundwater and society: resources, tensions and opportunities. Themes in groundwater management for the twenty-first century. United Nations. 2000, ISBN: 9211044855.
5. *Gleeson T., VanderSteen J., Sophocleous M.A., Taniguchi M., Alley W.M., Allen D.M., Zhou Y.* Groundwater sustainability strategies. Nature Geoscience. 2010. 3. Pp. 378-379.
6. *Holding S., Allen D.M., Foster S., Hsieh A., Larocque I., Klassen, J.* Groundwater vulnerability on small islands. Nature Climate Change. 2016. 6. Pp.1100–1103.
7. *Robins N.S.* A review of small island hydrogeology: progress (and setbacks) during the recent past. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. 2013. Pp. 2012–063.
8. UN. A/CONF.167/9 Chapter I, Annex II - UN Documents: Gathering a body of global agreements. Programme of Action for the Sustainable Development of Small Island Developing States. Available online: http://www.un-documents.net/sids-act.htm (accessed on Jul 8, 2018).
9. *Mimikou M.A., Baltas E., Varanou E., Pantazis K.* Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. Journal of Hydrology. 2000. 234. Pp. 95–109.
10. UN-Water. SDG 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation Archives. Available online: file://localhost/Users/camilolesmes/Zotero/storage/D89YETLP/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation.html (accessed on July 9, 2018).
11. *Peralta J.* Plan de Manejo de la Cuenca El Cove. CORALINA. 2005, 64. Available online: https://www.coralina.gov.co/coralina/ordenacionterritorial/planificacion-institucional-y-ambiental/planes-de-manejo/plan-manejo-y-ordenacion-de-cuencas/129-plan-de-manejo-y-ordenacion-cuenca-el-cove/file.html (accessed on Jul 8, 2018).
12. UNAL. Acuíferos de San Andrés, en riesgo por falta de alcantarillado. Available online: http://agenciadenoticias.unal.edu.co/en/detalle.html&tx_ttnews[tt_news] (accessed on Jul 9, 2018).
13. *Ibañez-Gil J.W., Chaparro F., Ramirez J.D., Quiroga H.G., Lesmes-Fabian C.* Acuíferos de San Andrés: Evaluación de la Problemática Ambiental. VI Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Tunja, Septiembre de 2016.
14. *Koop S.H.A. y van Leeuwen C.J.* Assessment of the Sustainability of Water Resources Management: A Critical Review of the City Blueprint Approach. Water Resour. Manag. 2015. Vol. 29. 15. Pp. 5649-5670.
15. *Troy T.J., Pavao‐Zuckerman M., Evans T.P.* Debates – Perspectives on socio-hydrology: Socio-hydrologic modeling: Tradeoffs, hypothesis testing, and validation. Water Resources Research. 2015, 51, 4806–4814.
16. *Van Leeuwen C.J., Vermeire T.G.* Risk Assessment of Chemical: An Introduction. 2dn Edition. Springer. Available online: http://b-ok.xyz/book/1167827/28baf4 (accessed on Jul 10, 2018).
17. *Buchsbaum B.D.* Development in Costa Rica; Virginia Polytechnic Institute and State University. 2004.
18. *Woodhouse P., Muller M.* Water Governance – An Historical Perspective on Current Debates. World Development. 2017. 92. Pp. 225–241.

УДК 628.1.033

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ БЫТОВОМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИИ

Кузьмина Е.А., Хлыстов И.А.,Щукина Д.А.
ФБУН «Екатеринбургский научный медицинский центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», г. Екатеринбург, Россия
hlistovia@ymrc.ru

Ключевые слова: оценка риска, анализ неопределенностей, водоснабжение, здоровье населения, Свердловская область

Перечислены общие для питьевого, хозяйственно-бытового и горячего водоснабжения неопределенности оценки риска здоровью населения, которые были выявлены при проведении расчетов рисков, выполненных для нескольких населенных пунктов в Свердловской области на всех этапах транспортировки воды от водоподготовки до потребителя.

ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT UNCERTAINITIES ASSOCIATED WITH THE SVERDLOVSL OBLAST DOMESTIC WATER SUPPLY

Kuzmina Y.A., Khlystov I.A., Shchukina D.A.
Ekaterinburg Scientific Medical Center for Industrial Workers Prophylaxis and Health Protection, Ekaterinburg, Russia
hlistovia@ymrc.ru

Key words: risk assessment, uncertainties analysis, water supply, public health, Sverdlovsk oblast

The article lists public risk assessment uncertainties common for drinking, domestic and hot water supply that have been revealed in risk calculating performed for several inhabited locations of Sverdlovsk oblast at all stages of water transport from water treatment facilities to a consumer.

Свердловская область занимает первое место среди регионов федерального округа по бытовому водопотреблению на душу населения и второе место по объему загрязненных и недостаточно-очищенных сточных вод [1]. В связи с этим актуальным становится решение вопросов обеспечения населения области доброкачественной водой для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд.

Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. к приоритетным направлениям развития водохозяйственного комплекса относятся совершенствование технологии подготовки питьевой воды и очистки сточных вод, реконструкция, модернизация и новое строительство водопроводных и канализационных сооружений, использование наиболее экологически безопасных и эффективных реагентов для очистки воды, внедрение новых технологий водоочистки [2].

Проведение оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих воду, позволяет выбрать наиболее оптимальные управленческие решения для обеспечения водной безопасности.

Оценка риска здоровью – это последовательное, системное рассмотрение всех аспектов воздействия анализируемого фактора на здоровье человека, включая обоснование допустимых уровней воздействия. Как правило, оценка риска осуществляется в соответствии со следующими этапами [3]:

- идентификация опасности;
- оценка зависимости «доза-ответ»;
- оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека;
- характеристика риска.

Часто оценка риска осуществляется при недостаточности исходных данных для расчета и на каждом этапе неизбежно возникают неопределенности, что существенно влияет на завершающую ее характеристику. Эксперт, дающий оценку риска здоровью, должен направляться принципом предосторожности и тщательно взвесить, насколько вся сумма выявленных неопределенностей велика, позволяет ли она охарактеризовать риск и, если да, то насколько определенной может и должна быть формулировка этой характеристики. Для повышения надежности методологии оценки риска необходимо постоянно проводить анализ источников неопределенности и выделять наиболее общие из них, чтобы затем наметить пути их снижения. Этот анализ является научной проблемой, имеющей важное практическое значение [4].

За последние пять лет сотрудниками ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора были выполнены оценки риска здоровью населения при различных видах водопользования (питьевое и хозяйственно-бытовое, горячее) для населенных пунктов Свердловской области: (г. Екатеринбург, г. Каменск-Уральский, г. Нижний Тагил, г. Новоуральск, г. Верхний Тагил, п. Горный щит, п. Малый Исток, п. Медный, п. Широкая речка, п. Садовый, п. Совхозный, п. Изоплит), имеющие различия по численности населения, пользующегося водоснабжением, по видам источников водоснабжения (поверхностные, подземные) и по применяемым технологиями водоподготовки (хлорирование, диоксихлорирование и др.). Оценка риска выполнялась в соответствии с методиками, предложенными в руководстве Р 2.1.10.1920-04 [3] и в методических рекомендациях МР 2.1.4.0032-11 [5], для нескольких путей поступления химических веществ в организм человека с водой: пероральный путь, через кожу и при вдыхании испарений.

При анализе результатов проведенных оценок риска были выявлены основными неопределенности, характерные для всех рассматриваемых систем водоснабжения:

- отсутствие сквозного набора показателей для контроля качества воды для всех этапов транспортировки от водоподготовки до потребителя;
- присвоение значений показателей качества воды в точке мониторинга, где проводилось их определение, к точкам, где данные по ним отсутствуют;
- применение методик лабораторного анализа, чья чувствительность не позволяет по некоторым показателям качества воды определять точные значения;
- в случае одновременного использования нескольких источников водоснабжения невозможность определить доли смешивания воды в распределительных сетях и, следовательно, вклад каждого водоисточника в значения риска.

Для целей снижения выявленных неопределенностей целесообразно проводить расширенные лабораторные исследования, результаты которых позволят разработать эффективную программу мониторинга качества воды на всех этапах ее транспортировки до потребителя. Это в свою очередь позволит выполнять оценку риска здоровью населения, приближенную к реально существующему состоянию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» / [Электронный ресурс] // ФГБУ «Центр развития ВХК». URL: https://water-rf.ru (дата обращения: 01.06.2019).
2. *Онищенко Г.Г.* Химическая безопасность – важнейшая составляющая санитарно-эпидемиологического благополучия населения // IV Съезд токсикологов России. 2013. С. 5–7.
3. Руководство Р. 2.1. 10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду //М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004.
4. *Кацнельсон Б.А. и др.* Оценка риска как инструмент социально-гигиенического мониторинга //Екатеринбург: Изд-во АМБ. 2001.
5. МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.

УДК 631.67:332.14

КОМПЛЕКС ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АРАЛЬСКОМ БАССЕЙНЕ

Мурадов Ш.О., **Эшанкулов Р.А., Тураев У.М., Раджабова Д.А.**
Каршинский инженерно-экономический институт
г. Карши, Республика Узбекистан
Мурадова Ф.М.
Специализированная школа №1
г. Карши, Республика Узбекистан
m.oikos@mail.ru

Ключевые слова: водно-земельные ресурсы, орошение, промышленность, устойчивое развитие, питьевая вода, водоустойчивость, деминерализация вод, засуха, субирригация, мелиорация почв, плодородие земель, метаморфизация химического состава и интегрированное управление водных ресурсов.

На основе многолетних (40 лет) исследований выявлены проблемы, связанные с использованием водных ресурсов в различных отраслях экономики и разработаны инновационные технические решения, способствующие повысить эффективность их использования. Внедрение предложенных технологий несомненно улучшат геоэкологические условия региона.

COMPLEX OF INNOVATIVE GEOECOLOGICAL SOLUTIONS FOR EFFECTIVE WATER USE IN THE ARAL BASIN

Muradov S. O., Eshankulov R.A., Turayev U.M., Radzhabova D. A.
Karshi Engineering/economic Institute, Karshi, Republic of Uzbekistan
Muradova F.M.
Specialized school No 1, Karshi, Republic of Uzbekistan
m.oikos@mail.ru

Key words: water and land resources, irrigation, industry, sustainable development, drinking water, water sustainability, water demineralization, drought, subirrigation, land reclamation, soil fertility, metamorphization of chemical composition and integrated water resources management.

The authors have studied problems associated with the use of water resources in various sectors of economy and have developed innovative technical solutions based on 40-year experience that contribute to increasing the efficiency of water resources use. The establishment of the proposed technologies will undoubtedly improve the geo-ecological conditions of the region.

Президент Узбекистана Ш.М. Мирзиеев в 2017 г. отметил, что недостаточно занимаются в республике серьезными вопросами экологии. Ярким доказательством этого является 2-ой обзор результативности экологической деятельности, подготовленный Европейской экономической комиссией ООН (2010), где приведено 78 рекомендаций по улучшению экологической обстановки в республике.

На обложке книги «Вода: капля жизни» американского писателя Питер Свенсона отмечено: «Где кончается вода, там кончается жизнь», такая поговорка есть у узбеков [1, P. 42]. Такое признание основано на том, что на самом деле, если Солнце – отец всего живого на Земле, то вода, по мнению многих ученых, является тем материнским «чревом», которое породило жизнь. Гидросфера – главный компонент экологической системы или точнее биогеоценоза и ее составляющей экотопа (или биотопа).

По прогнозам ООН, к 2050 г. население Земли составит 8,9 млрд человек, от дефицита воды будут страдать от 2 до 7 млрд человек. По оценкам различных международных организаций, к 2025 г. третья часть растущего населения планеты будет страдать от недостатка воды на орошение. Сегодня 80 % всех глобальных ресурсов пресной воды, используемой человечеством, потребляется на орошение. По данным международного института продовольственной политики, ожидается, что к 2030 г. площадь орошаемых земель возрастет на 20 %, объем потребления воды увеличится на 14 %. Так как они служат источником получения примерно половины производимого в мире объема продовольствия.

В соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций № 70, принятой на Саммите ООН по устойчивому развитию в сентябре 2015 г., а также в целях организации системной работы по последовательной реализации Целей устойчивого развития Глобальной повестки дня ООН до 2030 г., Кабинет Министров Р. Узбекистан принял Постановление (20 октября 2018 г., № 841) «О мерах по реализации национальных целей и задач в области устойчивого развития на период до 2030 года» где отмечено в Цели 6: «Сохранение и рациональное использование водных ресурсов в интересах устойчивого развития, обеспечения их наличия и развития санитарии для всех; в задаче 6.4. – К 2030 г. существенно повысить эффективность водопользования во всех секторах экономики; в задаче 6.5. – К 2030 г. обеспечить комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях, в т.ч. при необходимости на основе трансграничного сотрудничества.

Возвращаясь к данной проблеме, Президент Узбекистана Ш.М. Мирзиеев в Послании Олий Мажлису (28.12.2018 г.), наряду с первостепенными приоритетными задачами отметил, что главной задачей в предстоящем году является реформирование системы управления сельскохозяйственной сферы, рациональное использование земельных и водных ресурсов на основе передовых технологий, обеспечение продовольственной безопасности. И далее подчеркнул: еще одна важная задача – широкое внедрение в сельском хозяйстве водосберегающих технологий.

Надо отметить, что учеными Узбекистана разработано много рекомендаций по воплощению в жизнь принятых Постановлений Президента и Правительства Узбекистана. Однако, как отметил Президент Узбекистана в Послании: «Пока они изложены на бумаге, нам предстоит превратить их в практические действия и реальные результаты, и для этого нужно упорно трудиться».

Вот уже более 40 лет в Каршинском инженерно-экономическом институте мы проводим работы именно по решению вышеотмеченных серьезных проблем водо- и землеустойчивости. Учитывая огромный опыт в этой отрасли, предлагаем ряд неотложных назревших решений для Аральского бассейна.

Во-первых, что касается пресных вод для населения, при разумном использовании их в Узбекистане предостаточно. Это, в первую очередь, запасы подземных вод Ферганской долины, Приташкентской и Джизакской зон, Зарафшанской долины, Китабо-Шахрисябзской впадины, Сурхандарьинского бассейна. Так, например, по расчетам ученых наличие пресных подземных вод республики составляет порядка 293,4 кубометров в секунду. При населении в 33 млн на 1 человека приходится 768,2 л в сутки. При расчете по 270 л/сут. можно обеспечить 94 млн людей или обеспеченность составит 188 лет, если мы перейдем на европейскую норму, то данные запасы обеспечат 212 млн человек или обеспеченность составит 423 года. По нашему мнению, настало время создания единой водопроводной сети Узбекистана (аналогично электро- и газопроводной). Эти воды и воды пресных водохранилищ необходимо направить в основном для питьевых нужд. Этим мы можем снять проблему водоснабжения населения собственными водами.

Это крайне важная проблема. Так, например, в Швеции расход воды на 1 человека составляет 120 л, в Израиле – 100, в Нидерландах – 80. При этом шведы принимают душ 5 раз в сутки. Что же наблюдается у нас. Расход на 1 жителя установлен 270 л/сутки. Главной причиной является устаревшая арматура, из-за чего более 50 % теряется за счет утечек. Помимо этого, большая стоимость воды вследствие работы старых насосных агрегатов, низкий КПД. Мы разрабатываем схемы интегрированного использования водных ресурсов.

Нам необходимо для всех организаций рассчитать на отдаленную перспективу данные схемы в свете требований Закона Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» (ст. 106, 111, 112). Следующий вопрос – использование оборотной системы и соленых вод в технических целях. То есть надо в некоторых бытовых нуждах именно использовать эти воды. Этим мы внедрим полную систему интегрированного управления водными ресурсами.

Во-вторых, если мы хотим обеспечить водоустойчивость, тем более устойчивое развитие в Аральском бассейне, крайне необходимо уже сегодня перевести все крупные промышленные предприятия, в том числе и запланированную АЭС, на использование опресненных подземных и поверхностных вод. Нами разработана и испытана установка, основанная на газогидратной технологии, признанная экологичной и экономически выгодной. Этим мы решим и природоохранную задачу. Увеличивается объем соленых подземных и коллекторно-дренажных вод (на юге составляют 30 % от водозабора). Образуются соленые озера – Сичанкуль, Ачинкуль, Арнасай и многие озера Приаралья. Это миллиарды кубометров воды. Необходимо уже сейчас думать о деминерализации и использовании их в технических нуждах населением и в промышленных организациях.

В-третьих, надо признать, что наблюдается наряду с гидрологической и метеорологической почвенная засуха. Тем более, что ученые и специалисты Калифорнийского университета предрекают в 2019 г. жару, самую сильную за всю историю. Естественно, как и в 2018 г., это приведет к увеличению оросительной нормы за счет интенсивного испарения. С целью рационального использования оросительной воды, предлагаем крайне необходимым мероприятием массовое внедрение специально разработанных устройств, способствующих осуществлению субирригации. Каскадное внедрение технологии позволит в 1,5–2 раза сократить оросительную норму. Они решают комплекс природоохранных и социальных проблем. Их необходимо устраивать на коллекторно-дренажной, оросительной и речной сетях.

В-четвертых, учитывая неоднократные требования Президента о широком внедрении капельного орошения, предлагаем крайне необходимую технологию по уменьшению испаряемости, сохранению энергии, повышению плодородности – способ мелиорации почв. Сущность заключается в использовании, при физическом изменении состояния, местных минералов-тяжелых глин. Мы предлагаем использовать данную технологию при капельном орошении саксаула в зоне Приаралья (900 тыс. га). Они способствуют предотвращению и ветровой эрозии за счет увеличения связанности почв. Тем более, что в Тебинбулакском месторождении Каракалпакии содержится более 169 тыс. тонн вермикулита. Данную технологию можно использовать во всех областях с учетом наличия местных минералов. Президент Узбекистана отметил, что особого внимания требует система Госкомгеологии по разработке проекта Программы развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы на 2017–2021 гг. В этом отношении мы разработали «способ мелиорации почв». Он основан на использовании местных природных минералов – вермикулит и перлит. Они повышают плодородие и уменьшают физическое испарение с почв. Предложен механизм для внесения вышеупомянутых минералов и способ нарезки извилин по дну борозды, предотвращающий ирригационную эрозию и повышающий водоудерживающую способность почв.

В-пятых, известно о том, что главным в повышении урожайности является не вода, а плодородие почв. Учеными определена связь между животноводством и плодородием земель. Так, например, органические удобрения от 40 овец могут содержать плодородие 1 га земель. Или 5–6 голов крупного рогатого скота. Учитывая 4,3 млн га орошаемых земель республики, у нас в арсенале должно быть 172 млн голов овец и коз. По данным 2014 г., их было 17 737 600 (что почти в 10 раз меньше), КРС было 10 607 300 голов. Итого 2 211 323 голов, это способствовало обеспечению 51,4 % орошаемых земель органическими удобрениями. А если учитывать (за 2014 г.) богарные земли (756, 8 тыс. га), пастбища и сенокосы (20636,9 тыс. га) они обеспечивают плодородие на площади 8,6 %. И получается – нет плодородия, недостаток мясомолочной продукции. А что касается плодородия, мы все знаем, что бонитет наших земель очень спал, что отразилось на урожайности хлопка 2018 г. Мы потеряли естественную экосистему, присутствует полная экологическая опасность.

В-шестых, необходимо скорейшим образом оценить качество поверхностных и подземных вод в современных условиях с прогнозом на отдаленную перспективу. Для чего надо проанализировать метаморфизацию (изменение) химического состава природных вод. Это позволит прогнозировать солесодержание в почвах и соответственно заранее принимать меры по охране почв. В настоящее время в предгорных районах наблюдается локальное содовое засоление почв. И если они занимают 20–30 % площади орошения, то это уже нерентабельно. Для предотвращения содового засоления мы предлагаем способ рассоления почв, который одновременно способствует выделению, при химической мелиорации, чилийской селитры, так необходимой для растений.

В-седьмых, все вышеперечисленные инновационные решения способствуют разработке для каждого района технологии усовершенствованного интегрированного управления водных ресурсов. Их надо разрабатывать на уровне мелких районов, крупных промышленных предприятий, областей и бассейнов рек. У нас имеется огромный опыт расчета и проведения экспериментов.

Надо отметить, что все предложения испытаны в лабораторных и полевых условиях, апробированы и одобрены учеными-специалистами США, Европы, России, Казахстана, Туркмении. Технические решения готовы к поэтапному внедрению, на все технические решения получены авторские свидетельства и патенты на изобретения. Они доведены до конечного экологического эффекта [2, С. 234].

Надеемся, что данный комплекс технических инноваций будет учтен соответствующими ведомствами и учеными при разработке «дорожной карты» по данному вопросу и воплотится в жизнь в целях улучшения социальных условий населения Аральского бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Peter Swanson.* Water: The Drop of Life, North Word press, Minnetonka, Minnesota, 2001. USA. P. 143.
2. *Мурадов Ш.О.* Научное обоснование водоустойчивости аридных территории юга Узбекистана. Ташкент: ФАН. 2012. 376 с.

УДК 628.1.033

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСПОЛНЕНИЯ НА ТАМОЖЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ УПАКОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ВКЛЮЧАЯ ПРИРОДНУЮ МИНЕРАЛЬНУЮ ВОДУ)

Нафикова О.Н.
ФБУ «УРАЛТЕСТ», г. Екатеринбург, Россия
nafikova@uraltest.ru

Ключевые слова: технический регламент, упакованная питьевая вода, природная минеральная вода, идентификация объектов технического регулирования, требования безопасности к упакованной питьевой воде, требования к процессам производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации, требования к упаковке и маркировке, оценка соответствия

01.01.2019 вступил в силу технический регламент Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду». На сайте Коллегии ЕЭК опубликовано Решение № 135 от 07.11.2017 года «О переходных положениях технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017)».

SAFETY REQUIREMENTS FOR BOTTLED DRINKING WATER (INCLUDING NATURAL MINERAL WATER) OBLIGATORY FOR APPLICATION AND EXECUTION OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION CUSTOM TERRITORY

Nafikova O.N.
URALTEST. Ekaterinburg, Russia

Key words: technical order of procedure, packed drinking water, natural mineral water, identification of the technical regulating objects, safety requirements of packed drinking water, requirements to production, storage, transportation, sale and utilization, packing, marking, assessment of agreement

The article discusses realization of the Eurasian Economic Union regulatory documents concerning safety requirements to bottled drinking water.

Согласно опубликованному решению, документы об оценке соответствия продукции, выданные на упакованную питьевую воду, включая природную минеральную воду (далее – упакованная питьевая вода) до вступления в силу ТР ЕАЭС 044/2017, будут действовать до окончания своего срока действия, но не позднее, чем до 1 июля 2020 года.

Объектами технического регулирования ТР ЕАЭС 044/2017 являются:

- упакованная питьевая вода, относящаяся к пищевой продукции, предназначенная для реализации потребителям, включая: природную минеральную воду, купажированную питьевую воду, обработанную питьевую воду, природную питьевую воду, питьевую воду для детского питания, искусственно минерализованную питьевую воду;
- процессы производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации упакованной питьевой воды.

Исключением являются:

- промышленный выпуск и продажа природной минеральной воды технической;
- водоснабжение жителей населенных пунктов (как централизованное, так и нецентрализованное);

- подвоз питьевой воды вне зависимости от типа емкости при чрезвычайных ситуациях (авария, война, стихийное бедствие);
- отрасли, занимающиеся изучением и разведкой недр, охраной водных ресурсов, популяцией лечебных источников.

Настоящий технический регламент разработан в соответствии со статьей 52 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года в целях защиты жизни и (или) здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни и (или) здоровья животных и растений, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей относительно назначения и безопасности упакованной питьевой воды.

Настоящий технический регламент устанавливает обязательные для применения и исполнения на таможенной территории Союза требования безопасности упакованной питьевой воды (включая природную минеральную воду), выпускаемой в обращение на таможенной территории Союза и предназначенной для реализации потребителям, требования к процессам ее производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также требования к маркировке и упаковке питьевой воды для обеспечения ее свободного обращения на таможенной территории Союза.

Идентификация объектов технического регулирования осуществляется в целях:

а) установления принадлежности продукции к сфере действия настоящего технического регламента – метод: путем сравнения наименования продукции, указанного в маркировке или в товаросопроводительной документации, с наименованиями упакованной питьевой воды, указанным в настоящем техническом регламенте;

б) предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей – метод: путем проведения исследований (испытаний) в аккредитованных испытательных лабораториях (центрах) в соответствии с методами исследований (испытаний) и измерений, которые установлены в стандартах, включенных в перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований настоящего технического регламента и проведения оценки соответствия.

Идентификация продукции осуществляется:

а) заявителем,

б) органами государственного надзора (контроля),

в) органами, осуществляющими таможенный контроль,

г) органами по оценке соответствия государств-членов,

д) другими заинтересованными лицами

Упакованная питьевая вода, выпущенная в обращение на таможенной территории Союза, при использовании по назначению в течение срока ее годности и при соблюдении условий хранения не должна причинять вред жизни или здоровью человека.

Упакованная питьевая вода и процессы производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации должны соответствовать требованиям технических регламентов Союза (Таможенного союза):

а) ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».

б) ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»,

в) ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»,

г) ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки»,

д) ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».

Для обработки природной минеральной воды, природной питьевой воды разрешается применять способы обработки, которые не изменяют в составе такой воды содержание и соотношение катионов (кальция, магния, натрия и калия), анионов (гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов), а также биологически активных компонентов, в том числе способы обработки, предусмотренные ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».

Оценка соответствия упакованной питьевой воды требованиям технических регламентов Союза (Таможенного союза), действие которых распространяются на упакованную питьевую воду, проводится в следующих формах:

а) подтверждение соответствия в форме декларирования соответствия упакованной питьевой воды, за исключением питьевой воды для детского питания, лечебно-столовой и лечебной природной минеральной воды;

б) государственная регистрация питьевой воды для детского питания, лечебно-столовой и лечебной природной минеральной воды – является достаточным и представления декларации о соответствии не требуется.

Упакованная питьевая вода, подлежит подтверждению соответствия в форме декларирования соответствия по схемам 1д, 2д, 3д, 4д и 6д:

а) по схемам 1д, 3д и 6д – выпускаемая серийно, заявителем может быть изготовитель (уполномоченное изготовителем лицо);

б) по схемам 2д и 4д – выпускаемая партиями, заявительем может быть изготовитель (уполномоченное изготовителем лицо) или продавец.

При декларировании соответствия упакованной питьевой воды заявитель:

а) формирует и анализирует документы, подтверждающие соответствие упакованной питьевой воды требованиям настоящего технического регламента, в том числе:

протокол (протоколы) испытаний образцов упакованной питьевой воды на соответствие требованиям настоящего технического регламента;

контракт (договор на поставку) и товаросопроводительную документацию (схемы 2д и 4д);

сертификат на систему менеджмента (копию сертификата) (схема 6д);

иные документы по выбору заявителя;

б) проводит идентификацию упакованной питьевой воды в соответствии требованиями настоящего технического регламента;

в) обеспечивает проведение производственного контроля (схемы 1д, 3д и 6д);

г) предпринимает все необходимые меры по обеспечению стабильности функционирования системы менеджмента (схема 6д);

д) формирует после завершения процедуры подтверждения соответствия комплект документов;

е) принимает декларацию о соответствии, которая оформляется по единой форме и правилам, утвержденным Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 25 декабря 2012 г. N 293;

ж) наносит единый знак обращения продукции на рынке Союза после завершения процедуры декларирования соответствия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».
2. Решение Совета ЕАЭК № 45 от 23.06.2017.
3. Решение Коллегии ЕАЭК № 135 от 07.11.2017.
4. Решение Коллегии ЕАЭК № 164 от 05.12.2017.
5. Решение Коллегии ЭАЭК № 75 от 10.05.2018.

УДК 662.749:628.56

ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕЖИМЕ НИТРИ-ДЕНИТРИФИКАЦИИ

Неволина И.В.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
Сабирова Т.М.
АО «ВУХИН», г. Екатеринбург, Россия
ilonanewolina@mail.ru

Ключевые слова: коксохимическое производство, сточные воды, биохимическая установка, биоочистка, аммонийный азот, однофазовая нитри-денитрификация.

Выбор и внедрение оптимальной технологии очистки сточных вод от аммонийного азота на предприятиях коксохимической отрасли – актуальная задача для решения экологических проблем регионов их размещения. Сброс недоочищенных от аммонийного азота сточных вод коксохимических производств на городские очистные сооружения снижает эффективность их работы, что отрицательно сказывается на состоянии природных водоемов и запасов пресной воды.

FEATURES OF COKE CHEMICAL PRODUCTION WASTE WATER TREATMENT IN NITRI-DENITRIFICATION MODE

I. V. Nevolina,
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
T. M. Sabirova
AO «VUKHIN», Ekaterinburg, Russia

Key words: coke-chemical plant, wastewater, biochemical plant, nitri-denitrification**,** biological treatment, ammonium nitrogen, single-phase nitri-denitrification.

Selection and implementation of the optimal technology for wastewater treatment from ammonium nitrogen at enterprises of the coke industry - an urgent task to solve environmental problems in the regions where they are located.

В настоящее время в России действует 11 коксохимических производств (КХП), входящих либо в состав металлургических комбинатов, либо имеющих статус самостоятельных предприятий. Из них 5 находится в Уральском регионе (ПАО «НТМК», ПАО «ММК», ПАО «Уральская сталь», ПАО «ЧМК» и ОАО «Губахинский КХЗ»).

Сточные воды КХП относятся к числу наиболее загрязненных промышленных вод, так как наряду с высоким содержанием растворенных органических загрязнителей, характеризующихся высокой токсичностью (фенолы, нафталин, пиридин, бензольные углеводороды, смолы и масла) они содержат и высокие концентрации неорганических загрязнителей (роданиды, цианиды, соли аммония, железо и др.) [1].

В мировой практике, как и в РФ, общепринятый способ обезвреживания и очистки сточных вод КХП – биологический в сочетании с механической и физико-химической очисткой от взвешенных веществ, смол и масел. В течение последних 20–35 лет биоочистка сточных вод КХП РФ представляла собой незавершенный двухступенчатый биопроцесс: на первой ступени протекало окисление, в основном, фенолов и цианидов, на второй – роданидов. При этом происходила и биодеструкция большей части других органических примесей, контролируемых по ХПК и БПК. Очистка от аммонийного азота, содержащегося в пределах от 400 до 800 мг/дм^3 не проводилась, как из-за неосвоенности технологии, так и из-за необходимости непрерывного дозирования в очищаемую воду дорогостоящего щелочного реагента (кальцинированной соды) с расходом от 3 до 6 т/сутки (в зависимости от объема образования сточных вод) [2].

Очищенная вода использовалась на мокрое тушение кокса, где испарялась в атмосферу в объеме образования, что исключало проблемы с ее утилизацией. С переходом большинства КХП с мокрого способа тушения кокса на сухой (инертным газом), позволяющим улучшить качество кокса, неочищенная от аммонийного азота вода стала сбрасываться на городские очистные сооружения (ГОС). Это привело не только к увеличению нагрузки на ГОС, на большинстве которых не предусматривалась очистка от соединений азота, но и существенно повысило поступление азота в водоемы.

Учитывая биогенные свойства соединений азота (продуцирование водорослей и водных растений), на протяжении многих лет как в РФ, так и в мире, проводились интенсивные исследования по освоению биотехнологии дезазотизации различных вод. В АО «ВУХИН» была разработана оригинальная однофазовая биотехнология очистки сточных вод в режиме нитри-денитрификации, характеризующаяся рядом отличительных особенностей и достоинств от вариантов, разработанных другими. Данная биотехнология совмещает процесс аэробного (кислородного) окисления фенолов, роданидов и аммонийного азота с одновременным анаэробным (бескислородным) превращением в газообразный азот нитритов и нитратов, образующихся в результате окисления аммиака [3].

Одновременное протекание аэробных и анаэробных процессов в обычных аэротенках происходит за счет специального создания конкурентных условий между основными видами бактерий, когда одни, потребляя весь растворенный в воде кислород, принуждают других к жизнедеятельности за счет кислорода нитритов и нитратов. При внедрении технологии АО «ВУХИН» не требуется применения перемешивающих устройств и дополнительных органических реагентов для денитрификации, а образующаяся в биопроцессе щелочность максимально используется бактериями на нитрификацию.

Было установлено, что для внедрения однофазовой биотехнологии на существующих биохимических установках КХП РФ требуется не только обеспечить дозирование щелочного реагента, но и увеличить объем аэрационных сооружений в 2–2,5 раза. Это обусловлено автотрофной природой медленно растущих бактерий-нитрификаторов. Отличительной особенностью их жизнедеятельности является высокая потребность в растворенном кислороде и высокая адгезионная способность, что обеспечивает их постепенное накопление в системе очистки.

Бактерии-нитрификаторы окисляют аммонийный азот до нитритов и нитратов, точнее до азотной и азотистой кислот, что сопровождается снижением pH (закислением воды). Это является одним из основных признаков протекания нитрификации. Без добавки щелочного реагента процесс останавливается, то есть нитрификация лимитируется щелочностью сточных вод. Как установлено, расход щелочного реагента на нитрификацию строго стехиометрический и зависит от природы аммонийных солей, содержащихся в воде.

В сточной воде КХП одновременно присутствуют соли различной природы, которые принято разделять на летучий аммиак – соли, выделяющие аммиак при нагревании, и на связанный аммиак – соли устойчивые к нагреванию. Особенность окисления летучего аммиака показана на примере реакций 1–2, из которых видно, что если в систему очистки не подавать щелочной реагент, то окисление гидрокарбоната аммония (летучего аммиака) возможно, но не более чем на 50 %.

$$NH_4HCO_3 + 2\,O_2 \longrightarrow HNO_3 + 2\,H_2O + CO_2 \qquad (1)$$

$$HNO_3 + NH_4HCO_3 \longrightarrow NH_4NO_3 + CO_2 + H_2O \qquad (2)$$

Это обусловлено тем, что данная соль обладает щелочными свойствами и может связывать ½ часть азотной или азотистой кислоты, образующейся в процессе нитрификации и, тем самым, не допускать преждевременного снижения pH, ингибирующего этот процесс. Если в систему подавать щелочной реагент для связывания азотной кислоты (реакция 3), то процесс окисления летучего аммиака пройдет полностью.

$$HNO_3 + NaHCO_3 \longrightarrow NaNO_3 + CO_2 + H_2O \qquad (3)$$

Полное окисление летучего аммиака возможно и без щелочного реагента при создании условий для протекания второй фазы дезазотизации – денитрификации (дезазотизация включает две фазы: нитрификацию и денитрификацию). Если нитрификация – аэробный процесс, то денитрификация – анаэробный (бескислородный) процесс восстановления нитритов и нитратов с использованием, применительно к сточным водам КХП, фенолов и роданидов. При денитрификации нитрата аммония (реакция 4) происходит высвобождение летучего аммиака, что способствует окислению его второй половины:

$$28\ NH_4NO_3 + 5\ C_6H_5OH \longrightarrow 28\ NH_4HCO_3 + 2\ CO_2 + H_2O + 14\ N_2\uparrow \quad (4)$$

В отличие от летучего аммиака, нитрификация связанного аммиака реакции (5–6), возможна только при своевременной нейтрализации кислот (в данных реакциях серной, соляной и азотистой кислот), образующихся в этом процессе, то есть в отсутствии щелочности этот процесс не протекает.

$$28\ NH_4NO_3 + 5\ C_6H_5OH \longrightarrow 28\ NH_4HCO_3 + 2\ CO_2 + H_2O + 14\ N_2\uparrow \quad (5)$$

$$NH_4Cl + 3/2\ O_2 + 2\ NaOH \longrightarrow NaNO_2 + NaCl + 3\ H_2O \quad (6)$$

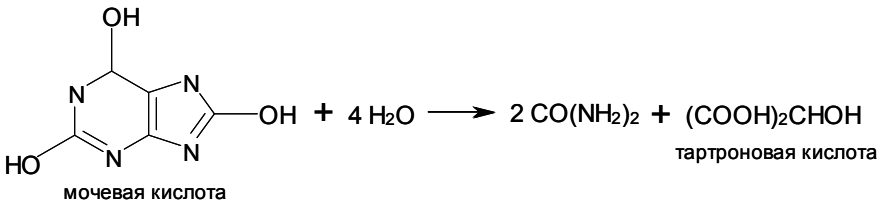
На примере реакции 7 показано, что в результате денитрификации нитрита натрия образуется газообразный азот – основной компонент воздуха и гидроксид натрия – возвратная щелочность, то есть процесс денитрификации (реакция 7) сокращает расход щелочи на нитрификацию связанного аммиака в 2 раза.

$$28\ NaNO_2 + 5\ H_2O + 3\ C_6H_5OH \longrightarrow 28\ NaOH + 18\ CO_2 + 14\ N_2\uparrow \quad (7)$$

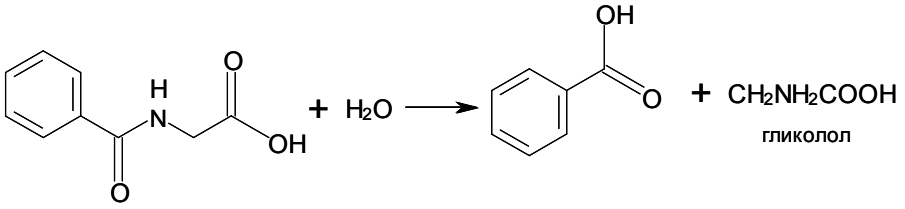
Прирост щелочности сточной воды (в расчете на NaOH) стехиометрический, то есть из 1 моля нитрита или нитрата натрия образуется 1 моль щелочности. Это означает, что в систему не возвращается только щелочь, затраченная на нейтрализацию кислотных остатков, в данных примерах – сульфата и хлорида аммония [2].

Необходимо отметить, что в хозбытовых сточных водах, в основном, содержатся соединения азота в виде мочевины, мочевой и гиппуровой кислот, являющихся продуктами жизнедеятельности человека и животных. При биоочистке они образуют летучий аммиак (реакции 8–10), то есть в отсутствии денитрификации очистка хозбытовых сточных вод от аммонийного азота возможна только в пределах 50 %, что и предусматривалось ранее строительными нормами для городских сточных вод.

$$\underset{\text{мочевина}}{CO(NH_2)_2} + H_2O \xrightarrow{\text{уреаза}} (NH_4)_2CO_3 \quad (8)$$



(9)



(10)

Внедрение однофазовой биотехнологии очистки сточных вод КХП от солей аммония в режиме нитри-денитрификации (НДФ) впервые было осуществлено в 1997 году на КХП ПАО «Северсталь». Очистка от аммонийного азота сточных вод, сбрасысываемых на ГОС г. Череповца и далее в реку Шексну – приток Волги, была очень важным экологическим мероприятием для этого региона. Как установлено, пуск дополнительных сооружений на БХУ ПАО «Северсталь» обеспечил не только глубокую очистку сточных вод КХП, но и способствовал развитию НДФ на ГОС г. Череповца, где этот процесс не был предусмотрен. Содержание аммонийного азота в сбросных сточных водах ГОС, включающих сток КХП, снизилось с 30–40 мг/дм^3 до 0–1 мг/дм^3, даже без запланированного большого объема их реконструкции и расширения [4].

Кроме ПАО «Северсталь», однофазовая биотехнология АО «ВУХИН» была успешно внедрена еще на трех КХП РФ, это АО «Москокс» (2000 г.), ПАО «Уральская сталь (2008 г.) и ПАО «НЛМК» (2014 г.), а также на Визахапатнамском метзаводе (Индия, 2012 г.). За счет развития процессов НДФ и особенностей технологической схемы БХУ, по сравнению с двухступенчатым процессом, практически в 2 раза снизились ХПК и БПК очищенной воды при остаточном содержании аммонийного азота 1–5 мг/дм^3. Вода из мутной, стала почти прозрачной, хотя более интенсивной окраски за счет прироста гуминовых веществ [1,5,6].

В заключение следует отметить достоинства однофазовой технологии:

– простота технологической схемы в связи с отсутствием перемешивающих устройств для денитрификации;

– доказанное повышение окислительной мощности биологических сооружений на 20–30 % и почти двукратное снижение расхода сжатого воздуха, по сравнению с классическим процессом НДФ за счет одновременного протекания аэробного и анаэробного процессов;

– высокая стабильность процесса и устойчивость к колебанию нагрузки по сточной воде;

– возможность применения технологии для очистки сточных вод КХП с исходным содержанием фенолов, роданидов и аммонийного азота до 1000 мг/дм^3;

– стехиометрический расход щелочного реагента на процесс НДФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сабирова Т.М.* О перспективах и возможностях биотехнологии очистки сточных вод КХП // Кокс и Химия. 2016. № 3.С. 77.
2. *Сабирова Т.М.* Биологическая дезазотизация сточных вод коксохимического производства // Кокс и химия. 1999. № 11. С. 28–30.
3. *Сабирова Т.М.* Исследование и разработка однофазового процесса нитри-денитрификации сточных вод // Кокс и химия. 2000. № 9. С. 32–36.
4. *Сабирова Т.М.* О влиянии локальных сооружений биологической очистки на работу ГОС/ Т.М. Сабирова, Н.А. Рязанцева // Химия и технология воды. 2000. № 2.С. 216–221.
5. *Сабирова Т.М., Неволина, Миленина Е.А.* Очистка сточных вод коксохимического производства // Химическая техника. 2008. № 4. С. 32–36.
6. *Сабирова Т.М., Рязанцева Н.А., Неволина И.В.* Внедрение однофазовой биотехнологии для очистки сточных вод коксохимического производства Визакхапатнамского металлургического завода // Кокс и Химия. 2017. № 7. С. 30–35.

УДК 556.53(282.247.415.53)

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДЫ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. УФА

Полева А.О.
ФГБУН «Институт геологии Уфимского научного центра РАН», г. Уфа, Россия
Хафизов А.Р., Валитов С.А.
Башкирский филиал, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Уфа, Россия
chafizov@mail.ru

Ключевые слова: Павловское водохранилище, гидрохимические показатели, качество воды, мониторинг, эвтрофирование.

В статье анализируются результаты натурных полевых исследований качества воды Павловского водохранилища на р. Уфа, проведенные Башкирским филиалом РосНИИВХ в 2018 г. Приводится гидрохимическая характеристика водоема, содержание в воде биогенных веществ, растворенного кислорода, тяжелых металлов и др.

RESEARCHES OF HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATER OF THE PAVLOVSK RESERVOIR ON THE UFA RIVER

A.O. Poleva,
Institute of Geology UFRC RAS, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Bashkir Branch
A.R. Khafizov, S.A. Valitov
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Bashkir Branch
chafizov@mail.ru

Key words: Pavlovsk Reservoir, hydro/chemical indicators, water quality, monitoring, eutrophication.

The article analyzes the results of field studies of the water quality of the Pavlovsk Reservoir on the Ufa River, conducted by the Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Bashkir Branch 2018. The hydro/chemical characteristics of the reservoir, the content of nutrients in the water, dissolved oxygen, heavy metals, etc. are given.

Павловское водохранилище – одно из крупных водохранилищ на Южном Урале, расположено на р. Уфе в пределах Уфимского плато. Это первое водохранилище в стране, построенное в 1959–1961 гг. на сильно закарстованных породах. Его протяженность – 150 км, средние ширина и глубина – 770 и 12 м и максимальные ширина и глубина 1750 и 35 м соответственно, площадь зеркала – 116 км^2. Полный объем водохранилища составляет 1,4, а полезный – 0,95 км^3. Площадь водосбора р. Уфы в створе водохранилища – 47,1 тыс. м^2, что равняется 89 % водосбора реки. Годовая амплитуда колебания уровня воды – 11 м [1].

Централизованное водоснабжение г. Уфы (с населением свыше 1 млн жителей) обеспечивается инфильтрационными водозаборами, расположенными в долине р. Уфы. Ресурсы и качество воды в водозаборах регулируется Павловским водохранилищем. Кроме того, водоем имеет большое рекреационное значение, поэтому наблюдение за качеством воды является очень важным социально-экономическим фактором [2].

Изучения процессов, происходящих в водоеме, проводятся нами с 1987 г. За это время и в водохранилище, и на его водосборной площади произошли большие изменения. В связи с этим возникла необходимость полного комплексного обследования водоема.

Основными источниками поступления загрязняющих веществ в Павловское водохранилище являются промышленные, сельскохозяйственные, коммунально-бытовые стоки Челябинской, Свердловской, Пермской областей и Башкортостана, водный транспорт, затопленная древесина и пр. В бассейне водохранилища в течение многих лет велись

лесозаготовки, лесопереработка, молевой и плотовой сплав леса, много древесины было затоплено. Сплав леса в 1991 г. был прекращен, тем не менее только в устье р. Юрюзань затопленный лес является крупным и достаточно длительным (20 и более лет) источником загрязнения соединениями азота и органическими веществами (фенолы, метилфенол, нафталин и др.). В природных водах содержание фосфора определяется в незначительных количествах, оно является лимитирующим фактором эвтрофирования водоема. В последние годы активно растет рекреационная нагрузка на водоем, водохранилище становится круглогодичным местом отдыха населения, антропогенная нагрузка на водоем вызывает скорость поступления фосфора. Этот процесс, несомненно, может многократно ускорить скорость развития в водохранилище фитопланктона и цианобактерий [3].

По результатам исследований БашНИИВХ в июле и сентябре 2018 г. содержание растворенного кислорода в воде Павловского водохранилища, в соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00, соответствовало норме (в июле – 6,81-10,24 мгO_2/дм^3, в сентябре 6,73-11,92 мгО/дм^3, при норме не менее 6 мгО/дм^3). Также соответствовал норме водородный показатель (pH 7,4-8,64 при норме 6-9). В июле 2018 г. показатель $БПК_5$ составлял 0,5-2,83 мг/дм^3, при ПДК 2,0. Выявлены превышения $БПК_5$ в устье р. Юрюзань (на поверхности и у дна с глубины 6 м –2,83 и 2,34 соответственно), в сентябре $БПК_5$ составлял 0,58-8,21 мг/дм^3. Превышения показателей $БПК_5$ наблюдалось на правом берегу (верхний бьеф) – 3,25, в заливе р. Байки – 2,14. Максимальное превышение ПДК выявлено в районе ФОК «Звездный» – 8,21. Здесь же происходило активное «цветение» воды, которая имела насыщенный зеленый цвет.

ХПК в июле 2018 г. в водоеме находилось в пределах 7,1-19,0 мгO_2/дм^3, при нормативе не более 15 мгO_2/дм^3 по СанПиН 2.1.5.980-00 для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест. Превышение наблюдалось в трех пробах в устье р. Юрюзань (поверхность, глубина 3 м, дно – глубина 6 м) и в пробе со дна залива р. Байки (глубина 6 м). В сентябре ХПК определено в пределах 5,4-64 мгO_2/дм^3, среднее – 13,51. Превышение отмечено только в пробе ФОК «Звездный» – 64 мгO_2/дм^3.

По данным проведенных исследований валовое содержание азота в Павловском водохранилище в среднем составляло в июле 1,06 мг/дм^3, в сентябре 1,05 мг/дм^3, превышений ПДК по аммонию, нитрит и нитрат ионам не выявлено. Содержание фосфатов в водохранилище, по данным исследований в июле 2018 г. колеблется от 0,05 до 0,45 мг/дм^3, в сентябре от 0,05 до 0,59 мг/дм^3. Наблюдается превышение содержания по фосфору общему. Концентрация вещества колеблется от 0,055 до 0,18 мг/дм^3, при ПДК 0,00001 мг/дм^3. Максимальные концентрации выявлены в створах ФОК «Звездный» и устье р. Юрюзань. Содержание фенолов определено в количестве 0,0009-0,0021 мг/дм^3, при ПДК фенола – 0,001 мг/дм^3.

Содержание нефтепродуктов в водном объекте в июле (0,0054-0,31 мг/дм^3, ПДКр.х. для нефтепродуктов – 0,05 мг/дм^3), превышение отмечено в створах Караидель, Магинск, устье р. Юрюзань. В сентябре превышение ПДКр.х. наблюдается только в створе ФОК «Звездный» – 0,055 мг/дм^3. Минерализация воды в водоеме за период исследований с 1987 г. не изменилась. В 2018 г. она составила 0,2–0,6 мг/дм^3.

Согласно данным испытательной лаборатории РосНИИВХ в июле 2018 г. не выявлено превышений ПДК по таким элементам, как: бор, кадмий, калий, кремний, литий, магний, мышьяк, свинец, хром общий, жесткость общая. Наблюдается превышение ПДК в исследуемых створах по следующим элементам: железо общее, кобальт, марганец, медь, ртуть, серебро, стронций, цинк (таблица).

В 14 из 25 проб отмечено превышение ПДК (0,04 мг/дм^3) по алюминию (0,041-0,092 мг/дм^3). Единичные превышения сульфат-иона, никеля, жесткости общей. Максимальное поступление железа в акваторию Павловского водохранилища наблюдается в устье р. Юрюзань, стронция – в устье р. Тюй, максимальная концентрация марганца выявлена в воде выявлена у СОЛ «Авиатор». В сентябре также наблюдалось превышение ПДК по меди, марганцу, ртути, стронцию, в 2 пробах по цинку.

Повышенное содержание компонентов может иметь как техногенное происхождение, так и природное. Так, например, в пределах Уральской гидрогеологической складчатой области

почвогрунты и грунтовые воды характеризуются высоким содержанием марганца (в почвогрунтах от 727 до 6159 мг/кг породы, а в грунтовых водах от 0,0016-3,69, в среднем 0,66 мг/дм^3).

Табл. Содержание металлов в воде Павловского водохранилища, превышающих ПДК (июль 2018 г.)

Компоненты	ПДК, мг/дм^3	Min, мг/дм^3	Max, мг/дм^3	Среднее значение, мг/дм^3
Железо общее	0,1	0,180	0,46	0,304
Кобальт	0,01	0,05	0,067	0,053
Марганец	0,01	0,029	0,155	0,085
Медь	0,001	0,005	0,035	0,0138
Ртуть	0,00001	0,00004	0,00058	0,00022
Серебро	0,05	0,05	0,1	0,098
Стронций	0,4	0,64	5,1	1,03
Цинк	0,01	0,019	0,067	0,034

При определенных условиях органические вещества и тяжелые металлы способны к комплексообразованию. Изменения гидродинамических и гидрохимических условий водохранилища могут стимулировать так называемую «подвижную» часть соединений металлов в донных отложениях переходить из твердой фазы в водную и служить очагом вторичного загрязнения. Башкирским филиалом РосНИИВХ в 2018 г. начата работа по изучению донных отложений водоема. За период летних полевых исследований было отобрано 10 проб донных отложений.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов показал, что максимальные значения по содержанию в донных отложениях Павловского водохранилища по нефтепродуктам обнаружены на левом берегу в верхнем бьефе гидроузла, что обосновывается расположением рядом лодочной станции. Также высокие значения наблюдаются в створе, расположенном на правом берегу верхнего бьефа плотины, и у д. Абдулино. В донных отложениях, отобранных в р. Юрюзань отмечаются высокие концентрации по содержанию кальция, хрома (д. Абдулино), цинку (с. Караяр). В створе с. Новомуллакаево на р. Уфа отмечается повышенное содержание натрия. Для составления полной картины о химическом составе (в т.ч. валовой и подвижной формах содержания тяжелых металлов) и физических свойствах, необходимо продолжить изучение донных отложений.

Для обеспечения населения г. Уфы и других населенных пунктов, расположенных ниже по течению Павловского водохранилища, качественной питьевой водой, а также в связи с увеличивающейся рекреационной нагрузкой на водоем в течение всего года, с изменениями происходящими в социально-экономическом развитии водосборного бассейна всего водохранилища, необходим постоянный мониторинг за процессами, происходящими в водоеме и качеством воды не только в населенных пунктах Караидель и Павловка, но и на всем протяжении водохранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила использования водных ресурсов Павловского водохранилища на р. Уфа. Екатеринбург: РосНИИВХ (БашНИИВХ), 2013. 56 с.
2. *Хафизов А.Р.* Прогноз качества воды водохранилищ Южного Урала / Мат-лы 4-ой межд. науч.-практ. конф. «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России». Пенза: ПГСХА. 2006. С. 227–229.
3. *Абдрахманов Р.Ф., Шкундина Ф.Б., Полева А.О.* Особенности гидрохимического и гидробиологического режимов Павловского водохранилища // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 1. С. 83–93.

УДК 544.774.4

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Свиридов А.В.
ООО Предприятие «ЭКО»,
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
г. Екатеринбург, Россия,
Sdmitry95@mail.ru

Ключевые слова: модифицированный монтмориллонит, ионы тяжелых металлов, коллоидные сорбенты, модификация поверхности, высокодисперсные модифицированные алюмосиликаты, технологии очистки воды.

Приведены основные принципы и методы использования высокодисперсных модифицированных алюмосиликатов в технологиях очистки сточных вод от ионов тяжелых цветных металлов и нефтепродуктов. Описан опыт применения сорбентов-гидрозолей на основе монтмориллонита в технологиях очистки воды.

APPPLICATION OF ALUMINUM SILICATES IN WASTE WATER TREATMENT TECHNIQUES

Sviridov A.V.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
Sdmitry95@mail.ru

Key words: modified montmorillonite, heavy metal ions, colloidal sorbents, surface modification, superfine modified silicates, water treatment technology.

The article discusses the basic principles and methods of use superfine modified silicates in wastewater technology from ions of heavy non-ferrous metals and petroleum products. The author shares his experience of sorbents-hydrosols-based montmorillonite use in water treatment technologies.

Защита водных ресурсов от загрязнений техногенного характера, ликвидация чрезвычайных ситуаций являются одними из ключевых социально-эколого-экономических проблем Российской Федерации. Традиционные технологии в большинстве случаев не способны обеспечить требования, предъявляемые к качеству очистки промышленных сточных вод.

ООО Предприятие «ЭКО» предлагает решения в области очистки сточных вод от катионов цветных и тяжелых металлов, создания замкнутых очистных циклов, извлечения цветных и редких металлов из отходов промышленных предприятий и сточных вод. Предприятие имеет большой практический опыт внедрения новых технологий на различных машиностроительных, металлургических и других промышленных предприятиях Уральского региона.

Предлагаемый проект представляет собой разработку и внедрение новых высокоэффективных технологий глубокой очистки промышленных сточных вод и создание оборотных циклов водоснабжения на горнообогатительных предприятиях и производствах цветной металлургии.

Наиболее распространенным методом очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов является их нейтрализация с помощью известкования. При повышении значений pH до 10,5–11,0 большинство тяжелых и цветных металлов переходят в форму малорастворимых гидроксидов, извлекаемых в последующем с помощью методов отстаивания, флотации или фильтрации.

Технологии известкования имеют ряд принципиальных недостатков. С помощью этого метода, как правило, не удается достичь нормативов предельно допустимых концентраций по многим металлам и их соединениям. Существующая практика эксплуатации описанных процессов показывает существенное превышение ПДК для меди, никеля, цинка и других

металлов. Во-вторых, становится весьма проблематичным повторное использование сточных вод в технологическом процессе вследствие накопления солей жесткости в оборотной системе и возрастания солевого фона. Наконец, возникают проблемы с утилизацией образующихся осадков и шламов.

При решении технических проблем, связанных с очисткой промышленных сточных вод, ООО Предприятие «ЭКО» опирается, главным образом, на разработанные сотрудниками фирмы реагенты-гидрозоли, представляющие собой тонкодисперсные нерастворимые суспензии (золи) с высокоразвитой поверхностью. Технология их использования включает в себя стадию смешения и отстаивания. В случае необходимости можно добавить стадию фильтрования на зернистой загрузке.

Разработанная нами альтернативная технология лишена всех вышеперечисленных недостатков. Технология обеспечивает очистку воды до норм ПДК, исключает известкование и использование растворимых солей коагулянтов, не требует дополнительных затрат при создании оборотных циклов водоснабжения предприятий, а также предусматривает утилизацию образующихся осадков и шламов. Аналогов использования реагентов-гидрозолей в технологиях очистки воды в отечественной и зарубежной литературе не найдено.

Высокая эффективность и экономичность разработанной технологии опирается на многофункциональные свойства реагентов-гидрозолей (адсорбция, коагуляция, соосаждение).

Основными элементами научной новизны при синтезе реагентов-гидрозолей являются: создание высокой удельной поверхности реагентов за счет получения размеров частиц в пределах от 10 до 30 нм; выбор модификаторов, позволяющих получить высокие сорбционные характеристики ионов металлов, органических и металлорганических соединений; разработка технологических принципов прочного закрепления модификаторов на поверхности тонкодисперсных частиц.

Сравнение свойств полученных лабораторных образцов позволило установить, что для синтеза тонкодисперсных реагентов оптимальными сорбционными характеристиками обладают монтмориллониты. Реагент для очистки воды от токсичных компонентов, синтезированный на кафедре физической, органической химии и нанодисперсных технологий Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ) на основе природного монтмориллонита представляет собой высокодисперсный алюмосиликат, поверхность которого модифицирована гидрофильными веществами неорганической и органической природы. В качестве модификаторов, регулирующих свойства реагентов, в зависимости от технологических задач, использовались в определенных соотношениях кальцинированная сода, алюминат натрия, феррат натрия, полифосфаты и органические соединения, содержащие в своем составе карбоксильные и эфирные группировки.

В ходе синтеза направленно регулировались сорбционные, электроповерхностные, реологические и гидрофильно-олеофильные свойства природных алюмосиликатов за счет варьирования природы и концентрации модификаторов.

С помощью первого типа модификаторов (солей органических кислот и полифосфатов) достигалась агрегативная устойчивость наночастиц за счет создания на их поверхности высокого удельного отрицательного заряда. В ходе электрофоретических исследований было установлено, что электрокинетический потенциал (ξ-потенциал) изменялся в пределах от –80 мВ до –100 мВ, в зависимости от типа и концентрации модификатора.

Кроме того, первый тип модификаторов в значительной степени влияет и на реологические свойства коллоидных систем. Исследование реологических свойств тонкодисперсных систем осуществляли с помощью метода ротационной вискозиметрии. Были определены следующие параметры системы – эффективная вязкость суспензии, напряжение сдвига при различных скоростях деформации, на основании которых построены кривые течения суспензий реагентов. Полученные результаты позволили получить представление о структуре системы и характере взаимодействий частиц.

Второй тип модификаторов предназначен для создания в структуре и на поверхности природных алюмосиликатов активных адсорбционных центров, наличие которых позволяет резко увеличить сорбционную емкость нанокластеров по отношению к ионам тяжелых и

цветных металлов, металлорганическим и органическим соединениям, радионуклидам и другим токсичным компонентам.

Наиболее эффективные неорганические модификаторы поверхности алюмосиликатов в натриевой форме позволяют обеспечить сорбционную емкость по ионам тяжелых и цветных металлов в пределах 250–290 мг/г. Коэффициент распределения радионуклидов между твердой и жидкой фазами лежит в пределах 10^3–10^4 мл/г, что обеспечивает необходимую степень дезактивации в экстремальных условиях. По сравнению с лучшими аналогами, например, цеолитами Восточно-Казахстанского месторождения (основа клиноптилолит) разработанные реагенты по эффективности действия выше на порядок.

Еще одной дополнительной особенностью данных реагентов является способность самопроизвольного снижения отрицательного заряда поверхности нанокластеров (вплоть до изоэлектрического состояния) на последующих стадиях очистки воды за счет смещения адсорбционного равновесия и перехода модификаторов-стабилизаторов поверхности в электронейтральную форму.

Следствием этого является активная взаимная коагуляция и гетерокоагуляция частиц реагента с компонентами воды коллоидной степени дисперсности (взвешенные вещества, нефтепродукты, частицы гидроксидов металлов и их основных соединений, гуминовые и фульвокислоты, а также их комплексы с металлами). Формирующиеся при этом крупные хлопья, включающие в себя загрязняющие компоненты воды, легко удаляются из системы методом отстаивания.

Образующийся осадок по своему составу пригоден для переработки в цементном производстве и строительной промышленности после технологической операции обезвоживания.

ОПЫТ АВТОРОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕТОДОВ В ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ РАБОТАХ

Разработанные тонкодисперсные реагенты не имеют указанных выше недостатков используемых в настоящее время реагентов. Они водонерастворимы, а, следовательно, при обработке воды не оставляют остаточных загрязнений. Кроме того, обладают рядом несомненных преимуществ: высокой удельной поверхностью до 600 $м^2/г$, высокой сорбционной емкостью – до 8 мг-экв/г по ионам тяжелых и цветных металлов, радионуклидов, по органическим и металлорганическим соединениям. Тонкодисперсные реагенты обладают полифункциональными свойствами и при очистке воды выполняют функции как сорбента, так и коагулянта, что позволяет наряду с растворимыми загрязнениями извлекать и коллоидно-растворенные формы.

Для изготовления реагентов по доступной цене существует обширная и надежная сырьевая база природных алюмосиликатов и предприятие по выпуску реагентов-гидрозолей.

Помимо производства реагентов в Уральском регионе налажен выпуск нового водоочистного оборудования в НПФ «ЭКО-ПРОЕКТ», позволяющего наиболее полно использовать преимущества разработанной технологии. ООО Предприятие «ЭКО» и НПФ «ЭКО-ПРОЕКТ» совместно осуществляют полный цикл создания новой технологии, включающий в себя разработку, проектирование, производство водоочистного оборудования, монтаж, пуско-наладку, обучение персонала и последующее техническое сопровождение.

Положительный опыт по использованию первого поколения тонкодисперсных реагентов получен в результате внедрения технологий очистки воды на ряде предприятий Уральского региона и Ханты-Мансийского автономного округа, в том числе: фильтровальная станция «Маяк», г. Полевской, станции подготовки питьевой воды пос. Таежный, Пионерский, сооружения очистки промышленно-ливневого стока ОАО «Уралмаш», ОАО «Екатеринбургнефтепродукт», ОАО «Нижнесергинский метизно-металлургический завод» и другие предприятия черной металлургии. Внедряется технология оборотного водоснабжения на Кыштымском горнообогатительном комбинате.

Ниже представлена сводная таблица результатов очистки воды с использованием новой технологии, внедренной на предприятиях различного профиля.

Табл. Результаты применения реагентов-гидрозолей

Тип очищаемой воды	Загрязнитель	Норматив, мг/дм^3	Исходная концентрация, мг/дм^3	Технология с использованием реагентов-гидрозолей, мг/дм^3	Известные аналоги, мг/дм^3
Промливневые сточные воды	Нефтепродукты	0,05 ПДК$_{рх}$	1,5 – 8,0	0,03 – 0,08	0,5 – 1,6
	Железо (общее)	0,1 ПДК$_{рх}$ 0,3 ВОЗ	0,7 – 4,0	0,05 – 0,1	0,35 – 1,5
	Взвешенные вещества	–	20 – 80	0,4 – 1,0	1,2 – 3,0
Сточные воды металлургических производств	Медь	0,001 ПДК$_{рх}$ 0,002 ВОЗ	0,05 – 0,46	0,01 – 0,02	0,2 – 0,25
	Никель	0,01 ПДК$_{рх}$ 0,02 ВОЗ	0,03 – 0,85	0,01 – 0,02	0,2 – 0,3
	Цинк	0,01 ПДК$_{рх}$ 3,0 ВОЗ	0,8 – 5,5	0,01 – 0,02	0,18 – 0,25
	Железо	0,1 ПДК$_{рх}$ 0,3 ВОЗ	0,6 – 19,7	0,05 – 0,1	0,47 – 0,60
Питьевая вода (водозабор из подземного источника)	Железо (общее)	0,3 СанПин 2.1.4.1074-01 0,3 ВОЗ	6,0	0,05 – 0,15	0,5 – 0,7
	Марганец	0,1 СанПин 2.1.4.1074-01 0,5 ВОЗ	0,5	0,05 – 0,08	0,3 – 0,4

Помимо этого, решены задачи по извлечению ванадия, вольфрама, титана из жидких и твердых отходов металлургических производств (Чусовской металлургический завод, НТМК и др.) и выделению радионуклидов из радиационно-загрязненных сточных вод.

Описание реагентов

Тонкодисперсные реагенты представляют собой продукт механохимической реакции высокодисперсного природного алюмосиликата с органическими соединениями.

Реагенты предназначены для:

- очистки сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов, нефтепродуктов, взвешенных веществ, органических соединений, радионуклидов. кондиционирования питьевой воды;
- кондиционирования питьевой воды.

Используются в технологиях:

- очистки промливневых сточных вод;
- очистки промывных вод гальванопроизводств;
- очистки воды от радионуклидов.
- подготовки питьевой воды;

- утилизации промывной воды осветлительных фильтров станций водоподготовки и ТЭЦ;
- предводоподготовки для паросилового хозяйства ТЭЦ.

Внешний вид реагента – порошок светло-коричневого цвета. Массовая доля основного вещества – не менее 90–98 %, массовая доля влаги – не более 2–10 %, активная реакция пятипроцентного геля pH = 9–12, сорбционная емкость по ионам тяжелых и цветных металлов – до 8 мг-экв/г.

Поставка осуществляется в мягких контейнерах МКР 1.0-С (нетто 500 кг) по ТУ 6-19-74-77. Возможно применение других видов транспортной тары, обеспечивающей сохранность качества при транспортировке и хранении.

УДК 544.7

АДСОРБЦИОННО-КОАГУЛЯЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ НА ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТАХ

Свиридов А.В., Юрченко В.В., Свиридов В.В.,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, Россия
Семенищев В.С., Шабунин А.Ф., Никифоров А.Ф.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
navijoy@inbox.ru

Ключевые слова: цезий, адсорбция стронция, монтмориллониты, бентонитовые глины.

Изучены адсорбционные и коагуляционные свойства модифицированных монтмориллонитов в водных системах с участием цезия и стронция. Показано, что адсорбция цезия сопровождается образованием двух мономолекулярных слоев извлекаемого компонента на поверхности частиц монтмориллонита. Адсорбция стронция происходит за счет формирования монослоя в порах частиц твердой фазы. Наряду с процессами адсорбции со временем интенсифицируется процесс коагуляции частиц адсорбента. При медленном перемешивании раствора имеет место агрегация частиц, образование крупных хлопьев и их седиментация. Агрегация частиц происходит вследствие снижения заряда во времени в процессе извлечения адсорбируемых ионов. Рассчитаны константы скорости коагуляции твердой фазы под действием электролитов. Установлено, что для ионов с одинаковыми зарядами коагулирующая способность иона тем больше, чем меньше радиус его гидратной оболочки.

ADSORPTION/COAGULATION RECOVERY OF CESIUM AND STRONTIUM IONS WITH INTERCALACTED ALUMINUM SILICATES

Sviridov A.V., Yurchenko V.V., Sviridov V.V.,
Ural State Forestry University, Ekaterinburg, Russia
Semenishchev V.S., Shabunin A.F., Nikiforov A.F.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
navijoy@inbox.ru

Key words: cesium, strontium sorption, montmorillonites, bentonitic clays

The article deals with sorption and coagulation properties of modified montmorillonites in the water systems with involvement of cesium and strontium. Cesium sorption resulted in formation of two monomolecular layers of the component to be recovered on the montmorillonite particles' surface. Strontium sorption occurs due to the monolayer formation in the solid phase particles' pores. Concurrently with the sorption processes the adsorbent particles coagulation process intensifies with time. Aggregation of particles takes place in case of slow stirring of the solution with the coarse flakes formation and their sedimentation. The particles aggregation occurs due to the charge decrease in time during the process of the adsorbed ions recovery. The solid phase coagulation rate constants under the electrolytes action have been calculated. We stated that for the equal charge ions the ion coagulating ability is the higher the less their hydrate envelope radius.

ВВЕДЕНИЕ

Работа предприятий, связанных с использованием, хранением и переработкой радионуклидов приводит к неизбежному загрязнению окружающей среды. Радионуклиды переносятся водными потоками на большие расстояния, накапливаясь и образуя новые зоны загрязнений.

Наиболее эффективными методами извлечения долгоживущих радионуклидов из загрязненных природных вод являются сорбционные методы. В качестве сорбентов в настоящее время используют: ионообменные смолы, искусственные неорганические сорбенты, природные органические и неорганические сорбенты.

Ранее [1, 2] было установлено, что высокими адсорбционными свойствами по отношению к ионам тяжелых и цветных металлов (Cu, Ni, Zn, Fe) обладают интеркалированные природные бентониты. Значительный интерес представляет изучение адсорбционных и коагуляционных свойств интеркалированных монтмориллонитов (ММ) по отношению к долгоживущим радионуклидам.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использованы природные бентонитовые глины Черкасского и Зыряновского месторождений общего состава (Na,Ca)0,3(Al,Mg)2Si4O10(OH)2×nH2O с содержанием ММ в количестве 95 %.

Интеркаляцию ММ в Na-форме осуществляли посредством внедрения в межслоевое пространство прекурсоров – фосфатов, диэтилфосфатов. Процесс вели при непрерывном перемешивании в течение 30 мин до получения однородной массы. При промывке ММ водой прекурсор в водной фазе отсутствовал, что свидетельствовало о его прочном закреплении в фазе адсорбента. Интеркалированный ММ представлял из себя 5 % золь с размером частиц 20...50 нм и удельной поверхностью порядка 450–500 $м^2$/г.

Для определения адсорбционных характеристик ММ проводили эксперименты в статических условиях методом внесения отдельных навесок. В работе использовали модельные растворы Cs и Sr с концентрациями от 0,1 до 4 ммоль/л при pH 8,0–11,0. После внесения интеркалированного ММ в раствор осуществляли быстрое перемешивание в течение 8 минут. Этого времени достаточно для установления адсорбционного равновесия в системе. Остаточное содержание ионов металлов в растворе определяли после отделения твердой фазы центрифугированием атомно-адсорбционным методом на спектрофотометре с пламенной атомизацией AAC-6650 Shimadzu.

Наряду с процессом адсорбции со временем интенсифицируется процесс коагуляции частиц адсорбента. Для определения константы скорости коагуляции строили зависимость в координатах υ_0/υ_r ….r, где υ_0 и υ_r – количество коллоидных частиц в начальный и текущий моменты времени соответственно. Полученные зависимости применяли для определения времени половинной коагуляции Θ; Θ= ctg α, где α – угол наклона прямой. Расчет константы скорости коагуляции проводили по уравнению:

$$K^{эксп} = 1 / \upsilon_0 \Theta , \qquad (1)$$

где $K^{эксп}$ – экспериментальная константа скорости коагуляции, $м^3$/с;

Θ – время половинной коагуляции, с;

υ_0 – количество частиц в начальный момент времени, $м^{-3}$.

При медленном перемешивании раствора в течение 15 мин. происходит агрегация частиц, образование крупных хлопьев и их седиментация. Коагуляцию частиц интеркалированного ММ исследовали путем счета концентрации частиц твердой фазы во времени. Изменение частичной концентрации ММ фиксировали по оптической плотности на фотокалориметре КФК-2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Интеркаляция природного ММ неорганическими прекурсорами приводила к изменению его физико-химических свойств.

Методом микроэлектрофореза изучены электрокинетические свойства образцов природного и модифицированного ММ. Увеличение отрицательного значения ζ-потенциала наблюдалось в широкой области значений pH (от 1 до 10). Рост ζ-потенциала по мере

увеличения pH обусловлен формой нахождения прекурсора на поверхности твердой фазы (возрастает доля ионов PO_4^{3-} по сравнению с долей ионов HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$) [3].

Установлено, что с увеличением значений pH адсорбция ионов Sr значительно возрастает. Это связано с изменением свойств как адсорбата, так и адсорбента. С одной стороны, ионы Sr^{2+} начинают переходить в менее растворимую форму $SrOH^+$. С другой стороны, растет отрицательный заряд поверхности адсорбента, что в конечном итоге приводит к увеличению адсорбционного сродства катионов стронция с поверхностью твердой фазы. Увеличение адсорбции ионов Cs^+ с повышением значений pH раствора не так значительно, как для ионов Sr^{2+}, и в большей степени связано с изменениями физико-химических свойств адсорбента (рост отрицательного заряда поверхности).
Изотермы адсорбции Cs и Sr приведены на рис. 1, 2.

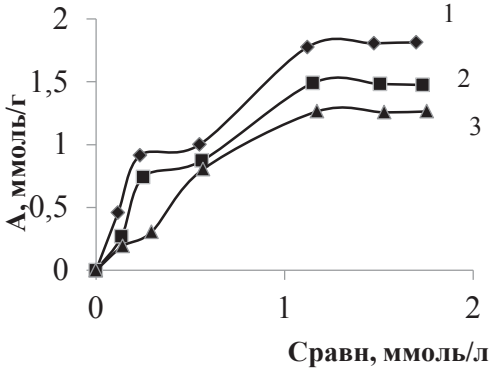


Рис. 1. Изотермы адсорбции цезия на модифицированном ММ в диапазоне температур 292...311,5 К при pH = 8.
1) T = 292 K; 2) T = 300 K; 3) T = 311,5 K

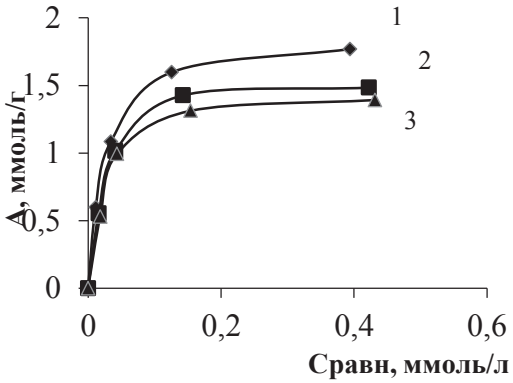


Рис. 2. Изотермы адсорбции стронция на модифицированном ММ в диапазоне температур 293…318 К при pH 11.
1) T = 292 K; 2) T = 300 K; 3) T = 311,5 K

Адсорбция Cs сопровождается образованием двух мономолекулярных слоев. Завершение формирования первого слоя имеет место при равновесной концентрации 0,5 ммоль/л, а второго – при равновесной концентрации 1,3 ммоль/л. По нашему мнению, двухслойная адсорбция цезия обусловлена особенностями, связанными с его гидратацией. Поскольку цезий является малогидратированным ионом, при адсорбции на поверхности интеркалированного ММ происходит его дальнейшая дегидратация, приводящая к образованию первого адсорбционного слоя. Последующая адсорбция ионов цезия (второй участок изотермы) протекает, по-видимому, на первичном слое дегидратированных ионов.

Адсорбция Sr на модифицированном ММ обусловлена не только избыточным отрицательным зарядом поверхности адсорбента, но и взаимодействием ионов стронция с прекурсорами. Извлечение стронция усиливается в щелочной среде, это связано с переходом ионов стронция из формы Sr^{2+} в форму $SrOH^+$. Ионы $SrOH^+$ являются малогидратированными ионами и при адсорбции на поверхности интеркалированного ММ происходит их полная дегидратация. Адсорбция стронция сводится к формированию монослоя в порах адсорбента и может быть описана уравнением Ленгмюра [4,5].

Агрегация частиц адсорбента происходит вследствие снижения заряда поверхности частиц во времени в ходе адсорбции ионов Cs и Sr, являющихся коагулирующими ионами.

В результате исследования изменения концентрации частиц ММ в золе во времени при коагулировании различными электролитами были получены закономерности изменения содержания частиц в растворе.

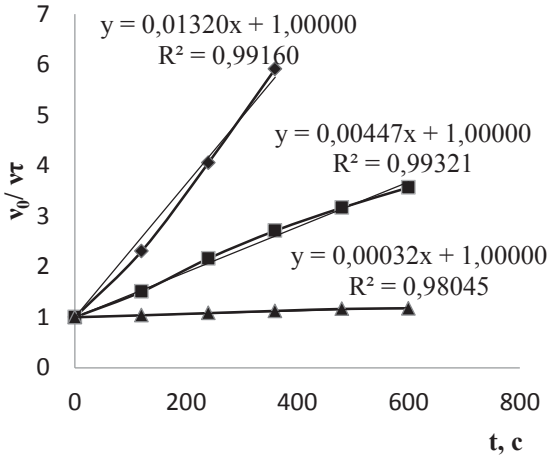


Рис. 3. Зависимость $\frac{\nu_0}{\nu_\tau}\ldots\tau$ для ММ под действием $CaCl_2$:
1) 4 ммоль/л; 2) 2 ммоль/л; 3) 1 ммоль/л

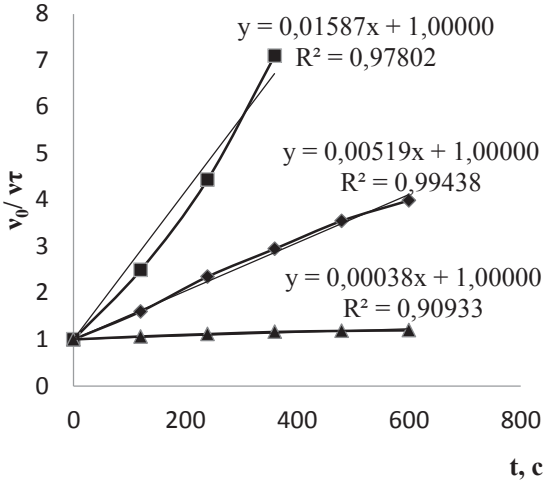


Рис. 4. Зависимость $\frac{\nu_0}{\nu_\tau}\ldots\tau$ для ММ под действием $SrCl_2$:
1) 4 ммоль/л; 2) 2 ммоль/л; 3) 1 ммоль/л

Результаты анализа полученных закономерностей представлены в таблице 1

Табл. 1. Время половинной коагуляции и константы скорости коагуляции интеркалированного ММ

Коагулирование ММ под действием $CaCl_2$			
$C_{эл,}$ ммоль/л	4	2	1
Θ, с	75,75	222,22	3300
$K^{эксп} \times 10^{17}$, м^3/с	9,67	7,61	0,89
Коагулирование ММ под действием $SrCl_2$			
$C_{эл,}$ ммоль/л	4	2	1
Θ, с	62,89	192,30	2500
$K^{эксп} \times 10^{17}$, м^3/с	11,64	9,49	1,30

Экспериментальные константы сопоставлялись с теоретической константой быстрой коагуляции ($K_б^{теор}$), рассчитанной по уравнению 1 [5]:

$$K_б^{теор} = \frac{4kT}{3\eta} = \frac{4 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 293}{3 \cdot 10^{-3}} = 5{,}39 \cdot 10^{-18}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2)$$

Из сравнения экспериментальных констант коагуляции с теоретической константой быстрой коагуляции видно, что они близки при концентрации 2 ммоль/л для $CaCl_2$ и $SrCl_2$. При концентрации 2 ммоль/л начинается быстрая коагуляция. Для катионов Sr^{2+} характерна более высокая коагулирующая способность по сравнению с ионами Ca^{2+}, что видно из сравнения времен половинной коагуляции. Полученный результат согласуется с правилом лиотропных рядов для ионов одинаковых зарядов – коагулирующая способность иона тем выше, чем меньше радиус его гидратной оболочки.

Для однозарядных ионов (Na^+ и Cs^+) электролитная коагуляция не наблюдалась. В связи с этим системы с однозарядными ионами возможно коагулировать совместно с двухзарядными или трехзарядными ионами. При коагулировании интеркалированного ММ солями $Al_2(SO_4)_3$ быстрая коагуляция наблюдалась при концентрации 0,2 ммоль/л.

При изучении флокуляции интеркалированного ММ было установлено, что наибольшей флокулирующей способность обладают катионные реагенты. Для некоторых из них установлены эффективные дозы: ВПК – 1 мг/л; Pr 650 – 0,9 мг/л; Pr 655 – 0,9 мг/л.

В результате коагуляции и флокуляции получается легкоотделяемый осадок с гидравлической крупностью 35...43 мм/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена высокая эффективность извлечения ионов металлов из водных растворов на интеркалированных ММ. Предельные величины адсорбции при pH = 11 для Cs $COE_{Cs} \geq 1{,}7$ ммоль/г, а для Sr $COE_{Sr} \geq 1{,}6$ ммоль/г.

Выявлено, что быстрая коагуляция частиц адсорбента начинается при концентрациях коагулирующих электролитов 2 ммоль/л $CaCl_2$ и $SrCl_2$, а для $Al_2(SO_4)_3$ – 0,2 ммоль/л.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Свиридов А.В., Никифоров А.Ф., Ганебных Е.В., Елизаров В.А.* Очистка сточных вод от меди природным и модифицированным монтмориллонитом // Водное хозяйство России. 2011. № 1. С. 58–65.
2. *Ганебных Е.В., Свиридов А.В., Мальцев Г.И.* Извлечение цинка из растворов высокодисперсными модифицированными алюмосиликатами // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. Т. 23. № 1. С. 89–95.
3. *Юрченко В.В., Свиридов А.В., Никифоров А.Ф., Кутергин А.С., Воронина А.В.* Концентрирование цезия и стронция из водных систем адсорбентами на основе бентонитовых глин // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 47. № 7. С. 52–56.
4. *Юрченко В.В., Свиридов А.В., Свиридов В.В., Никифоров А.Ф., Пряничников С.В.* Адсорбция стронция на модифицированных слоистых алюмосиликатах // Сорбционные и хроматографические процессы. 2017. Т. 17. № 3. С. 506–512.
5. *Фролов Ю.Г.* Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: уч. для вузов. 3-е изд., стериотипное, испр., перепеч. с изд 1989 г. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 464 с.

УДК 628.3

ЦЕМЕНТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Теплоухов С.П.
Научно-производственная фирма «Уралцемент», г. Екатеринбург, Россия
info@uralcement.ru

Ключевые слова: переработка отходов, цементная промышленность.

Описан опыт переработки отходов разного состава, получаемых при очистке сточных вод в цементной промышленности.

CEMENT INDUSTY AND SOPUTION OF THE INDUSTRIAL PROBLEM WASTE PROCESSING

Teploukhov S.P.
Scientific/production firm «Uraltsement», Ekaterinburg, Russia
info@uralcement.ru

Key words: waste processing, cement industry.

The article discusses the experience in treatment of waste of different composition that can be obtained from cement industry waste waters.

Использование мощностей цементной промышленности в массовой переработке производственных отходов известно. В настоящее время разработаны и успешно используются технологии переработки твердых отходов практически всех отраслей промышленности. Технология, в основном, основана на вводе строго расчетных количеств в сырьевую шихту для производства клинкера – полуфабриката цемента. Сырьевая шихта, с добавкой отходов, проходит термическую обработку во вращающихся печах до появления расплава и последующего спекания с максимальной температурой не ниже 1500 ^{0}C. Некоторые виды отходов после соответствующей обработки и подготовки используются непосредственно как компонент цемента.

Более сложной задачей является переработка влажных (шламов), пастообразных и подобных отходов. К таким отходам относятся и шламы от очистки сточных вод, отработанные сорбенты и т.п.

Практический опыт по организации технологии переработки подобных отходов показал, что без соответствующей подготовки переработать такие отходы в цементной промышленности практически невозможно. Необходимо максимальное обезвоживание и, в некоторых случаях, смешивание с сухими отходами (пыли, шлаки) с целью достижения технологичности перевозки и дальнейшей переработки. Таким образом, удается решить одновременно задачу утилизации нескольких отходов.

Организация переработки гальванических шламов занимает особое место. Химический состав гальваношламов разнообразен. В состав шламов входят химические элементы, которые регламентируются по содержанию в цементе. Некоторые химические элементы при нагревании испаряются, не переходя в расплав клинкерного стекла, и выносятся отходящими газами из вращающейся печи. Например, цинк, кадмий.

Следовательно, существует задача разбавления гальваношламов до такого состояния, при котором содержание регламентируемых элементов не превышало бы требований нормативных документов, а испаряющиеся химические элементы не превышали предельно допустимые концентрации в отходящих газах цементных печей.

Опыт показывает, что объем жидких, пастообразных и подобных отходов на каждом конкретном предприятии относительно невелик. Создание мощностей по обезвоживанию и подготовке отходов к переработке – мероприятие довольно дорогостоящее. Создание специализированного предприятия на долевых началах в пределах территориальной

производственной агломерации позволит решить задачу комплексно. Целью такого предприятия будет сбор, подготовка к переработке, в том числе нейтрализация и обезвреживание, отгрузка и учет отходов предприятий региона.

В части решения задачи переработки отходов на заводе-переработчике разработаны регламенты. Различие регламентов состоит в том, что цементные заводы применяют различные способы производства – мокрый и сухой.

В технологическую цепочку входят следующие регламенты:

1. Подготовка отхода к переработке.
2. Организация приемки отходов на заводе-переработчике
3. Подготовка отходов к переработке на заводе-переработчике.
3. Регламент на проведение технологических испытаний на заводе-переработчике.
4. Мониторинг процесса переработки, включая воздействие на окружающую среду, качество выпускаемой продукции, влияние на экономические показатели предприятия и технологичность процесса переработки.

УДК 005.6

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ КАЧЕСТВА НА ДОБРОВОЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Токунова Н.А.
ФБУ «УРАЛТЕСТ», г. Екатеринбург, Россия
tokunova@uraltest.ru

Ключевые слова: сертификация, национальная система сертификации, Реестр объектов оценки соответствия.

Приобретая продукты питания, каждый человек хочет быть уверенным в их качестве и безопасности. Федеральный закон «О техническом регулировании» 184-ФЗ от 27.12.2002 [1] предусматривает 2 формы подтверждения соответствия продукции: обязательное (подтверждается соответствие продукции только требованиям безопасности) и добровольное (позволяет подтвердить качественные характеристики продукции).

THE NATIONAL CERTIFICATION SYSTEM AS AN INSTRUMENT OF THE QUALITY AFFIRMATION ON VOLUNTEER BASIS

Tokunova N.A.
URALTEST. Ekaterinburg, Russia
tokunova@uraltest.ru

Key words: certification, national system of certification, Register of the correspondence assessment objects.

When buying food everyone wishes to be confident in its quality and safety. Federal law "On Technical Regulating" 184-FZ of 27.11.2002 stipulates for to forms of affirmation of the product compliance to requirements, namely, obligatory and voluntary.

Наличие в России огромного количества (более 1,5 тысяч) систем добровольной сертификации, устанавливающих свои «правила игры» и не предоставляющих практически никакой отчетности о результатах своей деятельности, стало благодатной почвой для торговли сертификатами и, как следствие, подрыв доверия потребителей к сертификации как инструменту подтверждения соответствия.

В связи с этим Росстандартом и Минпромторгом России была поставлена задача переосмыслить инструменты сертификации и предложить российским производителям, потребителям авторитетную национальную систему сертификации, которой будут доверять все участники рынка». Итогом данной работы стало функционирование с 2017 года Национальной системы сертификации [2].

Национальная система сертификации ориентирована на продукцию, выпускаемую по национальным стандартам, ввиду того, что существует общепринятое мнение, что «гостовская» продукция априори является качественной. Этапы сертификации не отличаются новизной, они привычные и понятные для заявителей, однако рядовой потребитель может быть уверен, что продукция сертифицированная в НСС, действительно прошла все необходимые процедуры подтверждения соответствия, включая испытания в аккредитованных лабораториях.

Результатом сертификации является запись в Реестре объектов оценки соответствия, маркированных знаком национальной системы сертификации (находится в открытом доступе на сайте Росстандарта) и QR – код, который производитель имеет право наносить на маркировку продукции (отсканировав QR – код, любой потребитель получает оперативный доступ информации о продукции в реестре). А главное, QR – код – это уникальная идентификация, подделать которую невозможно!

В настоящее время Свердловская область входит в первую тройку регионов по количеству сертифицированной в НСС продукции (более 200 товаров, 90 % которой –

продукты питания). Важным аспектом функционирования НСС является всестороннее продвижение системы и информирование о результатах сертификации для того, чтобы рядовые покупатели имели возможность сделать осознанный выбор в пользу качественных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) // Собрание законодательства РФ, 30.12.2002, N 52 (ч. 1), ст. 5140.
2. Приказ Росстандарта от 29.12.2016 №2033 «О создании системы добровольной сертификации «Национальная система сертификации» // www.gost.ru.

УДК 628.34

ОБЗОР НОВЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ УДАЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Федорова Д.В., Мигалатий Е.В., Насчетникова О.Б.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
vleskod@gmail.com

Ключевые слова: тяжелые металлы, реагентное осаждение, ионный обмен, мембранные процессы, адсорбция, биосорбция, фотокатализ.

С развитием технологий очистка сточных вод достигла нового уровня. Принимая во внимание, что тяжелые металлы в сточных водах вызывают особое беспокойство из-за их токсичности и устойчивости в окружающей среде, важно извлекать тяжелые металлы из сточных вод до попадания их в окружающую среду. Опыт предыдущих лет предоставил много эффективных методов очистки. В этой статье рассматриваются последние разработки с целью повышения эффективности основных методов очистки сточных вод от тяжелых металлов, кроме того, оцениваются преимущества и ограничения в применении этих методов. Особое внимание уделяется инновационным процессам, включая адсорбцию на биологических адсорбентах, биосорбцию и фотокатализ. Эффективность очистки, экономическая эффективность, экологичность метода и простота установки являются ключевыми факторами при выборе наиболее оптимальной технологии для загрязненных тяжелыми металлами сточных вод.

REVIEW OF THE LATEST RESEARCHES IN THE SPHERE OF HEAVY METALS REMOVAL FROM INDUSTRIAL WASTE WATERS

Fedorova D.V. Migalati E.V., Naschetnikova O.B.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation
vleskod@gmail.com

Key words: heavy metals, agent precipitating, ion exchange, membrane processes, sorption, bio/sorption, photocatalysis.

With the development of technology, wastewater treatment has reached a new level. Considering that heavy metals in wastewater are of particular concern lately due to their harmfulness and environmental sustainability, it is important to remove heavy metals from wastewater before they enter the environment. Experience from previous years has provided many effective cleaning methods. This article discusses the latest developments in the direction of increasing the effectiveness of the main methods of purifying standing waters from heavy metals, in addition, the advantages and limitations in the application of these methods are assessed. Special attention is paid to innovative processes, including adsorption on biological adsorbents, biosorption and photocatalysis. The cleaning efficiency, economic efficiency, environmental friendliness of the method and ease of installation are key factors in choosing the most optimal technology for waste water contaminated with heavy metals.

Согласно статистическим данным за 2017 г. о состоянии как подземных, так и поверхностных водных объектов, используемых в качестве источников питьевого водоснабжения, на территории Свердловской области сохраняется проблема загрязнения вод тяжелыми металлами: никелем, цинком, молибденом, свинцом, хромом, мышьяком, кадмием, бериллием, ртутью [1]. Тяжелые металлы вызывают серьезные последствия для здоровья, включая замедление роста и развития, рак, повреждение органов, повреждение нервной системы и, в исключительных случаях, смерть. Воздействие некоторых металлов,

таких как ртуть и свинец, может также вызвать развитие аутоиммунных заболеваний, при которых иммунная система человека поражает его собственные клетки. Это может привести к заболеваниям суставов, почек, системы кровообращения, нервной системы. В высоких дозах тяжелые металлы могут вызвать необратимое повреждение головного мозга. Дети могут получать более высокие дозы металлов из пищи, чем взрослые, поскольку они потребляют больше пищи для своего веса, чем взрослые. Неблагоприятную экологическую ситуацию могут создавать не только непосредственные сбросы промышленных стоков, но и воздушное, почвенное загрязнение, а также загрязнение атмосферных осадков промышленной природы.

Тяжелые металлы присутствуют в воде в качестве различных солей в растворенной форме, что делает методы извлечения более сложными и дорогостоящими. Выбор метода удаления наиболее опасных для человека устойчивых соединений ртути, кадмия, никеля, кобальта, цинка зачастую требует детального химического анализа, определяющего комплекс загрязнений, в составе которых находится металл. Ввиду многообразия химических свойств соединений в зависимости от их формы, концентрации, других примесей в исходной воде выбор метода должен производиться с учетом особенностей исходного качества воды.

Традиционные способы удаления тяжелых металлов из сточных вод включают в себя множество процессов, таких как химическое осаждение, адсорбция, ионный обмен, группа мембранных методов, электрохимическое осаждение, магнитная и термическая обработка. Химическое осаждение является наиболее широко используемым для удаления тяжелых металлов из неорганических стоков. Механизм удаления тяжелых металлов путем химического осаждения описывается формулой: M2+ + 2(OH)- --> M(OH)2, где M2 + и OH- представляют собой растворенные ионы металла и реагент-осадитель соответственно, тогда как M (OH)2 представляет собой нерастворимый гидроксид металла. Корректировка pH до основных условий (pH 9–11) является основным параметром, который значительно улучшает удаление тяжелых металлов химическим осаждением. Известь и известняк являются наиболее часто используемыми осаждающими агентами из-за их доступности и низкой стоимости в большинстве стран. Осаждение извести можно использовать для эффективной обработки неорганических стоков с концентрацией металла выше 1000 мг/л [2]. Другие преимущества использования осаждения извести включают простоту процесса, требование недорогого оборудования, широкую распространенность мест производства реагента, а также удобство использования. Однако химическое осаждение требует значительного количества реагента для снижения концентрации металлов до приемлемого для сброса уровня. Другими недостатками являются чрезмерное производство токсичного осадка, который требует дальнейшей обработки, медленное осаждение металлов, агрегация металлических осадков и долгосрочное негативное влияние концентрированного осадка при его утилизации на окружающую среду.

Ионный обмен – еще один метод, успешно используемый в промышленности для удаления тяжелых металлов из сточных вод. Активный реагент представляет собой твердое вещество, способное обменивать катионы или анионы из раствора, которые обычно представляют собой синтетические ионообменные смолы. Недостатком этого метода является неспособность обрабатывать смешанный разнородно загрязненный раствор, так как смола легко загрязняется органическими веществами и другими твердыми веществами, содержащимися в сточных водах. Кроме того, ионный обмен очень чувствителен к pH раствора и достаточно ресурсоемок [3].

В качестве ионитов значительный интерес представляют природные цеолиты, главным образом, благодаря их ценным свойствам в качестве ионообменной способности. Было показано, что среди наиболее часто изучаемых природных цеолитов клиноптилолит обладает высокой селективностью в отношении некоторых ионов тяжелых металлов, таких как свинец (II), кадмий (II), цинк (II) и медь (II). Было продемонстрировано, что катионообменная способность клиноптилолита зависит от метода предварительной

обработки и что предварительное кондиционирование обрабатываемого стока улучшает его ионообменную способность и эффективность [5].

Электролитическое восстановление является одним из ряда технологий, используемых для удаления металлов из потоков технологической воды. В процессе используется электричество для пропускания тока через водный металлосодержащий раствор, содержащий катодную пластину и нерастворимый анод. Положительно заряженные ионы металлов перемещаются внутри раствора в сторону отрицательно заряженного катода, формируя металлический осадок, который подвергается удалению и восстановлению [4]. Заметным недостатком было то, что коррозия могла стать существенным ограничивающим фактором, когда электроды часто приходилось заменять.

Сорбция – процесс массопереноса из фазы раствора в твердую фазу. Существует три основных этапа сорбции загрязнителя на твердом сорбенте: перенос загрязняющего вещества из основного раствора на поверхность сорбента; адсорбция на поверхности частиц; перемещение внутри частицы сорбента. Процесс адсорбции представляет собой процесс массопереноса, при котором вещество переносится из жидкой фазы на поверхность твердого тела и становится связанным физическими и/или химическими взаимодействиями. С целью повышения эффективности, экономичности и экологичности исследования были направлены на поиск недорогих экологически безопасных адсорбентов, обладающих способностью связывать металлы. В результате чего получены и протестированы адсорбенты на основе сельскохозяйственных отходов, промышленных побочных продуктов, природных материалов или модифицированных биополимеров для удаления тяжелых металлов из сточных вод. Техническая применимость и экономическая эффективность являются ключевыми факторами, которые играют основную роль в выборе наиболее подходящего адсорбента для обработки неорганических стоков [2].

Природные глинистые минералы могут быть модифицированы полимерным материалом таким образом, что это значительно улучшает их способность удалять тяжелые металлы из водных растворов. Эти виды адсорбентов называют глинисто-полимерными композитами. Различные фосфаты, например, кальцинированный фосфат при 900 °C, активированный фосфат (с азотной кислотой) и фосфат циркония были использованы в качестве новых адсорбентов для удаления тяжелых металлов из водного раствора [7]. Исследованы адсорбционные свойства зеленых песков и других промышленных побочных продуктов, таких как летучая зола, отработанное железо, железные шлаки, водный оксид титана. По результатам установлено, что данные материалы могут быть эффективными адсорбентами при определенной химической модификации для повышения их селективной способности.

Положительные результаты экспериментов отмечены при удалении меди (II) и свинца (II) с использованием железного шлака. Был оптимизирован диапазон pH от 3,5 до 8,5 [для меди (II)] и от 5,2 до 8,5 [для свинца (II)]. Для удаления кадмия (II) и никеля (II) использованы отходы сахарной промышленности из раствора при pH в диапазоне от 6,0 до 6,5 [8].

Сорбенты на основе железа, такие как «Ферросорп Плюс» и синтетический нанокристаллический акаганит показали свою эффективность для удаления тяжелых металлов из раствора, содержащего различные виды тяжелых металлов. Кроме того, изучен водный оксид титана для адсорбции Cr (VI) и Cu (II). По результатам установлено, что адсорбированные водные частицы Cu (II) могут подвергаться реакции поверхностного гидролиза при повышении pH. Это дает ряд поверхностных комплексов Cu (II), таких как TiO – CuOH +, TiO – Cu (OH) 2 и TiO – Cu (OH) 3– [9].

В последнее время большой интерес в исследованиях по удалению тяжелых металлов из промышленных стоков был сфокусирован на использовании сельскохозяйственных побочных продуктов в качестве сорбентов. Такой метод называется биосорбцией. При этом используется неактивная (неживая) микробная биомасса для связывания и концентрирования тяжелых металлов из потоков отходов посредством чисто физико-химических путей (главным образом, хелатирования и адсорбции). Скорлупа фундука, рисовая шелуха, скорлупа пекана, кукурузный початок или шелуха, могут быть использованы в качестве адсорбента для

поглощения тяжелых металлов после химической модификации или переработки при нагревании в активированный уголь. Использовали апельсиновую корку для удаления никеля (II) из загрязненных вод. Обнаружили, что максимальное удаление металла происходит при pH 6,0. Была исследована применимость древесного угля из скорлупы кокосового ореха (CSC), модифицированного окислителями и/или хитозаном, для удаления хрома (VI). Удаление меди (II) и цинка (II) из реальных сточных вод было изучено с использованием активированного угля из скорлупы пекана и древесного угля из кожуры картофеля. Проведено исследование по удалению Cr (VI) из активированного угля, полученного из рисовой шелухи, из водного раствора, в результате чего обнаружено, что максимальная эффективность удаления металла рисовой шелухой имело место при pH 2,0 [5].

Другой тип биосорбентов, таких как биомасса морской сушеной зеленой водоросли, был исследован на предмет поглощения некоторых тяжелых металлов из водного раствора. В целом кислотный pH в диапазоне 2–6 эффективен для удаления металлов адсорбентами из биологических отходов. Механизм поглощения ионов тяжелых металлов может происходить путем независимого от метаболизма связывания металлов с клеточными стенками и внешними поверхностями. Это включает адсорбционные процессы, такие как ионная, химическая и физическая адсорбция [2]. Известно, что различные лиганды, расположенные на стенках грибов, участвуют в поглощении металлов. К ним относятся карбоксильные, аминные, гидроксильные, фосфатные и сульфгидрильные группы. Ионы металлов могут адсорбироваться путем образования комплексов с отрицательно заряженными реакционными участками на поверхности клетки. Биополимеры являются промышленно привлекательными, поскольку они широко доступны, экологически безопасны и способны снизить концентрацию ионов переходных металлов до долей на миллиард. Еще одна привлекательная особенность биополимеров заключается в том, что они обладают рядом различных функциональных групп, таких как гидроксилы и амины, которые повышают эффективность поглощения ионов металлов и максимальную возможность химической нагрузки.

Сорбенты – гидрогели, которые представляют собой сшитые гидрофильные полимеры. Они способны увеличивать свои объемы из-за высокого набухания в воде, соответственно широко используются при очистке сточных вод. Удаление в основном регулируется диффузией воды в гидрогель, который несет тяжелые металлы внутри, особенно в отсутствие сильно связывающих участков. Максимальная связывающая способность увеличивается с увеличением pH до 6 [10].

Мембранной фильтрации уделяется значительное внимание для очистки неорганических стоков, поскольку она способна удалять не только взвешенные твердые и органические соединения, но и неорганические загрязнители, такие как тяжелые металлы. В зависимости от размера частиц, которые могут удерживаться, для удаления тяжелых металлов из сточных вод могут использоваться различные типы мембранной фильтрации, такие как ультрафильтрация (УФ), нанофильтрация (НФ) и обратный осмос (ОО). Ультрафильтрация использует проницаемую мембрану для отделения тяжелых металлов, макромолекул и взвешенных веществ от неорганического раствора на основе размера пор и молекулярной массы разделяющих соединений [2]. Было показано, что метод ультрафильтрации на основе полимера (PSU) является многообещающей альтернативой для удаления ионов тяжелых металлов из промышленных стоков. В этом методе используются запатентованные водорастворимые полимерные лиганды для связывания металлов из растворов и метод ультрафильтрации для концентрирования образующихся макромолекулярных комплексов и получения сточных вод, практически свободных от целевых ионов металлов. Преимуществами технологии PSU по сравнению с ионным обменом и экстракцией растворителем являются низкие требования к энергии, связанные с ультрафильтрацией, очень быстрая кинетика реакции, обработка на водной основе и высокая селективность разделения, при применении селективных связующих агентов [11].

Был разработан новый интегрированный процесс, сочетающий адсорбцию, мембранное разделение и флотацию для селективного отделения тяжелых металлов от сточных вод. Процесс был разделен на следующие три этапа: во-первых, связывание

тяжелых металлов (адсорбция) с помощью связующего агента, во-вторых, фильтрация сточных вод для отделения нагруженного связующего агента по двум вариантам: микрофильтрация с поперечным потоком для малозагрязненных сточных вод или гибридный процесс, сочетающий флотацию и погруженную микрофильтрацию для сильно загрязненных сточных вод и, в-третьих, регенерацию связующего агента. Синтетический цеолит, выбранный в качестве связующего агента, был охарактеризован и использован для отделения цеолита, нагруженного металлом. Разработан новый гибридный процесс флотации и мембранного разделения путем интеграции специально разработанных погруженных модулей микрофильтрации непосредственно в флотационный реактор. Это позволило объединить преимущества как флотации, так и мембранного разделения. Возможность такого гибридного процесса была доказана с использованием порошкообразных синтетических цеолитов в качестве связующих веществ. Токсичные металлы, медь, никель и цинк, были снижены с начальных концентраций 474, 3,3 и 167 мг / л, соответственно, до уровня ниже 0,05 мг / л, что соответствует допустимым пределам [12].

Другой комбинированный процесс, с использованием аппарата, мембранного контактора, в котором интегрированы и включены в одно оборудование процессы экстракции и абсорбции, сочетающий таким образом преимущества обеих технологий. Это гибкое модульное энергоэффективное устройство с высокой удельной площадью поверхности. Важно отметить, что выбор подходящей мембраны зависит от ряда факторов, таких как характеристики сточных вод, концентрация тяжелых металлов, pH и температура. Кроме того, мембраны должны быть совместимы с питающим раствором и реагентами для минимизации загрязнения поверхности [13].

В последние годы уделялось значительное внимание фотокаталитическому процессу в водной суспензии полупроводника, с точки зрения преобразования солнечной энергии. Этот фотокаталитический процесс был достигнут для быстрого и эффективного извлечения нежелательных примесей из раствора. При освещении границы раздела полупроводник-электролит энергией света, превышающей ширину запрещенной зоны полупроводника, образуются электрон-дырочные пары. Эти носители заряда, которые переходят на поверхность полупроводника, способны восстанавливать или окислять частицы в растворе, имеющем подходящий окислительно-восстановительный потенциал. Были использованы различные полупроводники: TiO_2, ZnO, CeO_2, CdS, ZnS и т. д. Стоит отметить, что наилучшие фотокаталитические характеристики были получены с диоксидом титана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные технологии извлечения тяжелых металлов из воды имеют различные преимущества, такие как высокая скорость процесса, простота эксплуатации и контроля, гибкость при изменении температуры. В отличие от биологической системы, физико-химическую обработку легче адаптировать к сезонным или другим видам изменений свойств стока. Кроме того, физико-химические технологии очистки требуют меньше площади и затрат на установку. Их преимущества, однако, сопровождаются рядом недостатков, таких как высокие эксплуатационные расходы из-за используемых химикатов, высокое потребление энергии и затраты на обработку и удаления осадков и концентрата. Тем не менее, при сниженных затратах на используемые материалы (использование недорогих и экологичных адсорбентов) и возможной утилизации осадка, физико-химическая обработка была признана одной из наиболее подходящих обработок неорганических стоков. В системах очистки сточных вод, содержащих тяжелые металлы с другими органическими загрязнителями, присутствие одного вида обычно препятствует удалению другого. Например, гидрометаллургия, классический процесс извлечения металлов, тормозится присутствием органических соединений и, как правило, необходима стадия предварительной обработки для удаления или разрушения органических веществ. Наиболее многообещающими методами обработки таких сложных систем являются фотокаталитические. Сравнительная характеристика приведенных методов объединена в табл. 1.

Табл. 1. Основные достоинства и недостатки различных физико-химических методов очистки тяжелых металлов в сточных водах

№	Метод обработки	Преимущества	Недостатки
1	Реагентное осаждение	Низкие капитальные затраты, простота в эксплуатации	Образование токсичного осадка, дополнительные эксплуатационные расходы на удаление осадка
2	Ионный обмен	Высокая селективность разделения, простота эксплуатации	Высокие затраты на регенерацию, необходима глубокая предварительная очистка, чувствительность технологии к pH раствора
3	Адсорбция новыми адсорбентами	Недорогие, простые в эксплуатации условия, с широким диапазоном pH, высокой способностью связывать металлы	Низкая селективность, производство отходов
4	Мембранная фильтрация	Малое пространство, низкое давление, высокая селективность разделения	Высокая стоимость эксплуатации из-за загрязнения мембраны
5	Фотокатализ	Удаление металлов и органических загрязнителей одновременно, низкое содержание вредных побочных продуктов	Длительное время, ограниченное применение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 2017 году / Правительство Свердловской области и др. Екатеринбург, 2018. 313 с.
2. Промышленное водоснабжение: уч. Пос./ В.И. Аксенов, Ю. А. Галкин, В. Н. Заслоновский, И.И. Ничкова; науч. ред. В.И. Аксенов; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 221 с.
3. Очистка природных и сточных вод: уч. пос.: в 2 ч./ Аксенов В.И., Мигалатий Е. В., Никифоров А.Ф. Тамбов: Изд-во ИП Чесноков А.В., 2011. Ч. 1: Промышленное водоснабжение. Очистка и повторное использование сточных вод: уч. пос. для студентов высших учебных заведений. 2011. 167 с.
4. Физико-химические основы процессов очистки воды: уч. пос./ А. Ф. Никифоров, А. С. Кутергин, И.Н. Липунов, И.Г. Первова, В.С. Семенищев. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2016. 164 с.
5. *Kurniawan T.A., Babel S.* A research study on Cr(VI) removal from contaminated wastewater using low-cost adsorbents and commercial activated carbon. In: Second Int. Conf. on Energy Technology towards a Clean Environment (RCETE). Vol. 2. Phuket, Thailand, 12–14 February. 2003. Pp. 1110–1117.
6. *Sölenera M., Tunalib S., Özcan A.S. , Özcanc A., Gedikbey T.* Adsorption characteristics of lead (II) ions onto the clay/poly (methoxyethyl) acrylamide (PMEA) composite from aqueous solutions Desalination, 223 (2008). Pp. 308–322.
7. *B.C. Pan, Q.R. Zhang, W.M. Zhang, B.J. Pana, W. Dua, L. Lvb, Q.J.Zhanga, Z.W. Xua, Q.X.* ZhangHighly effective removal of heavy metals by polymer-based zirconium phosphate: a case study of lead ion J. Colloid Interface Sci., 310 (2007). Pp. 99–105.
8. D. *Feng, J.S.J. Van Deventer, C.* Aldrich Removal of pollutants from acid mine wastewater using metallurgical by-product slags Sep. Purif. Technol. 40 (1) (2004). Pp. 61–67.

9. *U.C. Ghosh, M. Dasgupta, S.Debnath, S.C. Bhat* Studies on management of chromium(VI)-contaminated industrial waste effluent using hydrous titanium oxide (HTO) Water, Air, Soil Pollut., 143 (2003). Pp. 245–256.
10. M.A. Barakat, N. Sahiner Cationic hydrogels for toxic arsenate removal from aqueous environment J. Environ. Manage., 88 (2008). Pp. 955–961.
11. *A. Rether, M. Schuster* Selective separation and recovery of heavy metal ions using water-soluble N-benzoylthiourea modified PAMAM polymers React. Funct. Polym., 57 (2003), Pp. 13–21.
12. *V. Mavrov, T. Erwe, C. Blocher, H.Chmiel* Study of new integrated processes combining adsorption, membrane separation and flotation for heavy metal removal from wastewater Desalination, 157 (2003). Pp. 97–104.
13. *Klaassen R, Feron P., Jansen A.* Membrane contactor applications Desalination, 224 (2008). Pp. 81–87.

УДК 614.7

ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ОБЗОР)

Хлыстов И.А., Щукина Д.А., Кузьмина Е.А.
ФБУН «Екатеринбургский научный медицинский центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий», г. Екатеринбург, Россия
hlistovia@ymrc.ru

Ключевые слова: органическое вещество, общий органический углерод, нормирование, питьевая вода, тригалометаны.

Содержащиеся в воде органические вещества имеют важное экологическое значение, разнообразны по своему составу и свойствам. При нарушении естественных циклов поступления и разложения веществ, возникает опасность загрязнения водоемов, в том числе являющихся источниками питьевого водоснабжения. Поскольку в процессе водоподготовки широко применяется хлорирование, присутствие во воде органических соединений ведет к образованию галогенсодержащих продуктов. Из всех изученных побочных продуктов хлорирования наибольшую опасность представляют тригалометаны, обладающие канцерогенными и неканцерогенными свойствами по отношению к человеку. Для контроля за образованием побочных продуктов предлагается ввести нормативное значение показателя общий органический углерод в воде, поступающей на обеззараживание хлором.

ISSUS OF NORMALIZATION OF INDICATORS OF DRINKING WATER ORGANIC POLLUTION (REVIEW)

Khlystov I.A., Shchukina D.A., Kuzmina Y.A.
Ekaterinburg Scientific Medical Center for Industrial Workers Prophylaxis and Health Protection, Ekaterinburg, Russia
hlistovia@ymrc.ru

Key words: organic matter, total organic carbon, rationing, drinking water, trihalomethanes.

The organic substances in the water has a great ecological importance and are diverse in their composition and properties. At disturbance of natural cycles of intake and decomposition of substances, there is a danger of pollution of reservoirs, including being sources of drinking water supply. Since chlorination is widely used in the process of water treatment, the presence of organic compounds in the water leads to the formation of halogen-containing products. Trigalomethanes are the most dangerous of all by-products and they have carcinogenic and non-carcinogenic properties in relation to humans. To control the formation of by-products, we proposed to introduce a normative value of the indicator total organic carbon in water supplied for disinfection with chlorine.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение населения безопасной и химически безвредной водой является приоритетной задачей, стоящей перед всеми государствами и международными сообществами. В условиях интенсивного загрязнения как поверхностных, так и подземных источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, резкого увеличения химического разнообразия загрязняющих соединений становится актуальной необходимость контроля воды источников и питьевой воды на всех стадиях процесса водоподготовки с привлечением современных методов лабораторного контроля. Одним из наиболее сложных и важных вопросов в системе обеспечения и контроля качества питьевой воды является количество и состав контролируемых показателей, определяющих в совокупности интегральную качественную оценку воды, ее безопасность и безвредность для человека. Традиционно в процессе водоподготовки для дезинфекции питьевой воды используют хлор или другие хлорсодержащие дезинфицирующие средства, которые при взаимодействии с

органическими веществами образуют токсичные продукты трансформации, форма и количество которых в основном зависят от содержания в воде органических соединений. В связи с опасностью образования побочных продуктов, возникают две проблемы – выбора наиболее подходящего показателя, отражающего содержание органического вещества в воде, а также установление его нормативного значения. Цель работы: обоснование использования общего органического углерода в питьевой воде в качестве нормативного показателя.

Характеристика органического вещества в водоемах

Органические вещества (ОВ) находятся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях и представляют собой неравновесную динамическую систему, в которой под воздействием физических, химических и биологических факторов непрерывно осуществляются переходы из одного состояния в другое [1]. Основная форма нахождения органического материала в водных экосистемах – в виде растворенных соединений. Растворенное органическое вещество (Dissolved organic matter – DOM, или Dissolved organic carbon – DOC) играет важную роль в водных пищевых цепочках, обеспечивает доступность растворенных питательных веществ и металлов, изменяет оптические свойства водных объектов [2]. DOM в природных водах состоит из гетерогенной смеси многочисленных органических соединений. В воду органические соединения могут поступать аллохтонным и автохтонным путем. Наиболее распространенными органическими веществами в воде являются гуминовые вещества и продукты неполного разложения растительных и животных остатков земного (аллохтонного, от греч. «аллос» – чужой) происхождения, а также вещества, образующиеся в самом водоеме в результате фотосинтеза и разрушения детрита (автохтонные): фульвокислоты (ФК) фитопланктона или водорослей, углеводы, сахара, аминокислоты, белки, липиды, органические кислоты, фенолы, спирты, ацетилированные аминосахара и т.д. [3, 4]. К аллохтонным веществам принято относить все привносимые с берега природные компоненты. Основная отличительная черта аллохтонного ОВ от автохтонного – наличие в нем продуктов разложения и конденсации молекул лигнина, который имеется в наземной растительности и отсутствует в водной [4]. Поступающие в водоемы органические соединения можно классифицировать более широко, учитывая источники их происхождения. Выделяют три группы: имеющие антропогенные источники происхождения (нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды, бенз(а)пирены, фенолы, пестициды и другие), вещества природного происхождения (гумусовые кислоты, азотсодержащие органические вещества), органические вещества, имеющие естественное и искусственное происхождение (амины, органическая сера, карбонильные соединения, углеводы, смолистые вещества, лигнин) [1]. Ввиду возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду может нарушиться естественный баланс элементов в экосистеме, появиться избыток вещества, либо произойдет поступление химических соединений, не образующихся в естественных условиях. Поскольку водоемы могут находиться на пути распространения загрязнителей, это может отразиться на изменении состава и свойств воды, на жизнедеятельности обитающих в водоемах биологических видах, стать причиной снижения пригодности питьевой воды в случае использования источника в питьевых целях.

Опасность органических соединений для здоровья человека

Присутствие в воде молекул гумусовых веществ (ГВ; гуминовых- и фульвокислот), как правило, не приводит к негативным эффектам на здоровье человека и животных. Гуминовая кислота (ГК) вызывает апоптоз и обладает различными фармакологическими свойствами, включая противовоспалительное и антипролиферативное действие. Это свойство ГВ может быть полезным при разработке альтернативных терапевтических подходов в лечении рака [5]. С другой стороны, ГВ обладают свойством сорбировать радиоактивные элементы, тяжелые металлы, пестициды и гербициды [6, 7]. В результате этого взаимодействия образуются токсичные для организма соединения.

Большое количество элементов и соединений задерживается в водоемах, приводя к эвтрофикации и потере полезного объема воды [6]. Эвтрофикация водных экосистем

относится к экологическому состоянию, при котором избыток питательных компонентов инициирует размножение первичных продуцентов (фитопланктон, водные растения, цианобактерии), в результате чего происходит гипоксия, аноксия и потеря биоразнообразия [7]. Другое название данного процесса – «цветение» водоема. Несмотря на то, что продуктивность фитопланктона зависит от соотношения элементов питания – минерального азота и фосфора (избытка или недостатка первого и второго элемента) [8], в целом показатели избыточного накопления биомассы организмов, накопления углерода в воде, торможения скорости деструкции органического материала служат маркерами, отражающими нарушение баланса элементов в экосистеме. Эвтрофикация ухудшает физико-химические свойства воды, делает ее мутной, наделяет неприятным запахом, вкусом и повышает ее pH, что приводит к осаждению карбоната кальция и гидроксида магния. Всемирной Организацией Здравоохранения выделен ряд государств, в которых проблема эвтрофикации питьевых водоемов стоит наиболее остро [9]. Сине-зеленые водоросли производят довольно опасные токсины (алкалоиды, низкомолекулярные пептиды и т.д.). При попадании в воду токсины могут представлять риск для здоровья людей и животных, вызывая цирроз печени и дерматит у людей, отравление и смерть у животных [8]. Через грязную, «цветущую» воду осуществляется перенос возбудителей опасных инфекционных заболеваний. Присутствие в воде органических веществ влияет на органолептические показатели, такие как запах, мутность, цветность. Превышение нормативных значений по органолептическим и санитарно-микробиологическим показателям в питьевой воде может происходить вследствие нарушения технологии водоподготовки либо вторичного загрязнения воды в разводящих сетях.

Традиционно, при водоподготовке используют основные способы дезинфекции: обработка УФ-излучением, озонирование, хлорирование. Благодаря мощному УФ-излучению погибает большая часть микроорганизмов, исключается вероятность образования побочных продуктов. Однако метод неэффективен при наличии в воде взвешенных частиц. Однократная обработка УФ-лучами не защищает воду от вторичного загрязнения. Озон – мощное средство для обеззараживания, которое также может вызвать коррозию материалов. Использование озона в качестве основного дезинфицирующего средства, за которым следуют остатки хлорамина в системе распределения, можно исключить необходимость контакта между предшественниками хлорированных побочных продуктов и хлора. Хлорамин имеет значительное преимущество, поскольку практически полностью исключает образование побочных продуктов хлорирования и, в отличие от хлора, не реагирует с фенолами, которые образуют соединения, вызывающие вкус и запах. Тем не менее, требуемое время контакта для инактивации вирусов и цист лямблий (Giardia) зачастую достигается редко. Двуокись хлора является мощным окислителем, которое почти полностью существует в виде мономерных свободных радикалов. Концентрированный пар двуокиси хлора потенциально взрывоопасен, и попытки сжимать и хранить этот газ либо отдельно, либо в сочетании с другими газами оказались коммерчески не выгодными. Из-за этого диоксид хлора, также как как озон, должен быть изготовлен в месте использования [8]. Наиболее часто в качестве основного метода дезинфекции применяют хлорирование (Cl_2). Преимущества данного метода: мощные окислительные и обеззараживающие свойства хлора, наряду с долговременным эффектом. Помимо высокой токсичности и коррозионных свойств, наиболее существенный недостаток в использования хлора заключается в его способности реагировать с природным органическим веществом с образованием галогенированных побочных продуктов.

Пути синтеза побочных продуктов дезинфекции

Основные семейства и типы галогенированных побочных продуктов, образующихся при использовании активных растворов хлора: Тригалометаны (ТГМ: хлороформ, бромоформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан), галогенкарбоновые кислоты, галоальдегиды, галогенкетоны, галонитрилы, галогенфенолы [9]. Установлено, что образование побочных продуктов происходит вследствие воздействия нескольких факторов (предикторов), таких как температура, время реакции, pH, ультрафиолетовая абсорбция и

ряда химических соединений – доза хлора при хлорировании, органические вещества, ионы аммония, щелочность, бромиды [8, 10, 11]. На сегодняшний день идентифицировано порядка 500 соединений [12], которые могут образовываться в результате хлорирования воды. Доминирующей реакцией активного хлора является окисление органических веществ, которое приводят к минерализации хлора в виде хлорида. Активный хлор также быстро реагирует с аминами, присутствующими в белках или аминокислотах в естественном органическом веществе, а также с аммиаком. Продуктами такого взаимодействия будут N-хлорамины. Существует вспомогательный пути реакции, при котором активный хлор и, в меньшей степени, промежуточный комбинированный хлор могут хлорировать органические молекулы, образующие связи углерод-хлор (углерод-галоген) с образованием галогенированных органических веществ. В присутствии ионов брома, некоторое количество активного хлора вначале реагирует с образованием бромноватистой кислоты, которая затем производит продукты окисления, высвобождающие бромид снова с образованием небольших количеств бромированных органических веществ в качестве побочной реакции [9]. От состава (классов) органических соединений напрямую зависит состав образующихся продуктов. Например, гуминовые кислоты ответственны за образование летучих галогенорганических соединений, фульвокислоты – хлоруксусных кислот. С увеличением pH от 5 до 9 содержание тригалогенметанов (ТГМ), в частности хлороформа, заметно возрастает, а хлоруксусных кислот, трихлорацетона, дихлорацетона, хлорпикрина снижается [13]. Важно отметить, что происходящие реакции галогенирования не дают исключительно стабильных продуктов, которые не подвергаются никаким дальнейшим изменениям: напротив, особенно в системах, где поддерживается постоянный «остаточный» активный хлор, исходные продукты реагируют дальше. Общая тенденция заключается в том, что органический хлор постепенно превращается путем дальнейшего хлорирования, гидролиза или окисления в ограниченный набор более стабильных молекул, в частности ТГМ и галогенуксусных кислот [9]. Между содержанием органического углерода и побочными продуктами, как правило, прослеживается прямая зависимость. Было замечено, что снижение концентраций ТГМ в воде связано с удалением при помощи коагулянта веществ-предшественников, в том числе растворенного органического углерода [14]. На примере рек Китая показано увеличение концентраций тригалометанов, а также йодоуксусной кислоты и йодоформа в воде после хлорирования, в присутствии повышенных концентраций растворенного органического углерода [15].

Методы исследований органического вещества

Содержание органического вещества в воде можно оценить с помощью непрямых методов определения – перманганатная окисляемость (ПО), химическое поглощение кислорода (ХПК) и биохимическое потребление кислорода (БПК). В методы их измерения заложены поправки и уточнения относительно содержания неорганического углерода в воде и его влияния на конечный показатель. Величины ПО и БО выражают качественно различные фракции органического вещества воды. С помощью ПО можно охарактеризовать количество окрашенных гумусовых веществ (гуминовых кислот и фульвокислот), поступающих в водоем в результате размывания почвы водосбора. Бихромат калия окисляет большое количество различных органических соединений, в том числе трудно разрушаемых. Показатель ПО/БО может быть использован для качественной характеристики происхождения водных органических веществ. Аналогичное значение имеет и отношение цветность/перманганатная окисляемость (Ц/ПО). Санитарный показатель БПК5 служит мерой количества растворенного в воде кислорода, затрачиваемого при разрушении микроорганизмами легко окисляемых органических соединений [16]. Вместе с тем, такие методы недостаточно точны, а конечные показатели не характеризуют полное содержание органического вещества. В связи с этим, показатель Общий органический углерод (ООУ) в воде – является наиболее информативным, отражающим в полной мере все присутствующие органические соединения. Метод измерения ООУ – термокаталитическое окисление с детектированием на датчиках, без определения структуры вещества. Одним из методов качественного химического анализа органических соединений в воде является

газожидкостная хроматография[1]. Быстрое и точное измерение необходимого показателя позволяет вести оперативный контроль и вносить дальнейшие коррективы в работу станций водоподготовки.

Существует несколько способов оценки образования побочных продуктов: непосредственное измерение их концентраций в воде до и после хлорирования; проведение модельных экспериментов в лаборатории; методы математического моделирования. Проблема точного измерения галогенорганических соединений связана с их идентификацией и наличием стандартных образцов. В модельных экспериментах точно контролируется время реакции и концентрации реагирующих веществ. Для полноты эксперимента важно учесть максимально полный набор предикторов. Математическое моделирование достаточно широко используется [17, 18] и позволяет оценить вклад того или иного параметра в реакцию образования побочных продуктов дезинфекции. Его даже можно применять, когда лабораторными методами измерены (идентифицированы) не все вещества-предикторы, влияющие на образование конечных продуктов.

Опыт нормирования органического углерода и побочных продуктов дезинфекции

В Директиве 98/83/ЕС Совета «О качестве воды, предназначенной для употребления людьми» вместо нормативного значения ООУ есть указание, что не должно быть аномальных изменений его концентраций и данный параметр не нужно измерять при снабжении менее 10 000 м³ в день [19]. Согласно постановлению Европейской комиссии, с 25 декабря 2008 г. вводится нормативное значение суммарной концентрации ТГМ в питьевой воде 100 мкг/дм^3 (или 0,1 мг/дм^3) [20]. В Японии с апреля 2015-го г. установлен норматив ООУ для питьевой воды 3 мг/дм^3 [21]. Рекомендуемые концентрации ООУ для Британской Колумбии (Канада): 4 мг/дм^3 для воды питьевых источников и 2 мг/дм^3 для очищенной воды. Отмечается, что, если ООУ поддерживать на уровне ниже 2 мг/дм^3 в фильтрованной питьевой воде, существует вероятность того, что норматив ТГМ 0,1 мг/дм^3 не будет превышен [22]. Агентством EPA установлены значения уровня галогенированных побочных продуктов в питьевой воде, ниже которого нет известного или ожидаемого риска для здоровья. Согласно последним данным [23], предельные значения для суммы ТГМ составляют 0,08 мг/дм^3, для дибромхлорметана 0,06 мг/дм^3 (стадия 1, аналогичная максимальному уровню загрязнения); для хлороформа – 0,07 мг/дм^3 (стадия 2, максимальный уровень остаточного дезинфицирующего средства не пересматривался). В Польше по содержанию ООУ природные воды делят на несколько классов качества/безопасности: 5 мг/дм^3 (1 класс), 10 мг/дм^3 (2 класс), 15 мг/дм^3 (3 класс), 20 мг/дм^3 (4 класс) и > 20 мг/дм^3 (5 класс). Согласно немецкому законодательству (LAWA 1998), существуют следующие классы поверхностной воды, в зависимости от ООУ: ≤ 2 мг/дм^3 (1 класс), ≤ 3 мг/дм^3 (1-2 класс), ≤ 5 мг/дм^3 (2 класс), ≤ 10 мг/дм^3 (2-3 класс), ≤ 20 мг/дм^3 (3 класс), ≤ 40 мг/дм^3 (3-4 класс) и > 40 мг/дм^3 (4 класс) [24]. В РФ нормативные значения для тригалометанов в питьевой воде установлены[2] в соответствии рекомендациями ВОЗ: для хлороформа – 0,2 мг/дм^3, бромоформа – 0,1 мг/дм^3, хлордибромметана и дихлорбромметана – 0,03 мг/дм^3. В РФ существует норматив на содержание ООУ в воде для инъекций – не более 0,5 мг/л^3. Согласно СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества» для бутилированной воды 1 категории установлено нормативное значение на уровне 10 мг/дм^3, для воды высшей категории - 5 мг/дм^3 [3] [4].

На сегодняшний день имеются обширные сведения о наличии канцерогенных и неканцерогенных свойств у соединений из группы ТГМ (хлороформ, бромоформ,

[1] ГОСТ 31951-2012. Вода питьевая. Определение содержания летучих галогенорганических соединений газожидкостной хроматографией (с Поправкой). Москва: Стандартинформ, 2013.

[2] СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения

[3] Руководство по качеству воды для применения в фармации. Методические рекомендации. Письмо от 3 февраля 2010 года N 05-МС-035

[4] СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

бромдихлорметан, хлордибромметан) [25–27]. Главные проблемы, связанные с изменением существующих значений нормативов, либо включением в нормативные базы других соединений, заключаются в достоверности полученных в ходе экспериментов данных, а также правомерности экстраполяции результатов исследований на лабораторных животных, в отношении организма человека. Установление ПДК ООУ в воде питьевых источников Российской Федерации нецелесообразно по причине высоких экономических затрат. Кроме этого, также нецелесообразно установление и поддержание нормативного значения ООУ в воде на стадии подачи потребителю ввиду вторичного загрязнения и более низкой скорости образования побочных продуктов. Поскольку основная часть галогенорганических соединений образуется в момент воздействия высоких доз хлора, нормативное значение ООУ необходимо установить для стадии хлорирования перед подачей в распределительную сеть, что было нами показано на примере г. Екатеринбурга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержащиеся в воде органические соединения в некоторых случаях могут представлять опасность как для самих водоемов, так и при использовании этой воды в питьевых целях. Основная опасность присутствия органических веществ связана с образованием побочных галогенсодержащих продуктов, образующихся при хлорировании. Негативное влияние на здоровья человека побочных продуктов дезинфекции обусловлено наличием у них канцерогенных и неканцерогенных свойств. Из всех показателей, характеризующих содержание органического вещества, содержание общего органического углерода является наиболее информативным. Наиболее целесообразно введение нормативного значения общего органического углерода – в воде для питьевого водоснабжения, поступающей на обеззараживание хлором. Установленная величина должна быть гармонизирована международными требованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Логинова Е.В., Лопух П.С.* Гидроэкология: курс лекций. Минск: БГУ; 2011. 300 с.
2. *Thorp J.H., ed.* Aquatic ecosystems: interactivity of dissolved organic matter. San Diego: Academic Press, an imprint of Elsevier Scienc; 2003. 512 p.
3. *Mostofa K.M.G., Liu C.-Q., Mottaleb M.A., Wan G., Ogawa H., Vione D., Yoshioka T., Wu F.* Dissolved Organic Matter in Natural Waters. In: Photobiogeochemistry of Organic Matter. Principles and Practices in Water Environments. Springer Heidelberg New York Dordrecht London; 2013. P. 1–137.
4. *Lozovik P.A., Morozov A.K., Zobkov M.B., Dukhovicheva T.A., Osipova L.A.* Allochthonous and Autochthonous Organic Matter in Surface Waters in Karelia. Water Resources. 2007; 34(2): 204–216.
5. *Aykac A., Becer E., Okcanoğlu T.B., Güvenir M., Süer K., Vatansever S.* The Cytotoxic Effects of Humic Acid on Human Breast Cancer Cells. Proceedings - Cell Death 2018. 2018; 2: 1-4. Available at: https://www.mdpi.com/2504-3900/2/25/1565.
6. *Yel E., Ahmetli G.* Environmental Dilemma of Humic Substances: Being Adsorbents and Being Carcinogens. International Journal of Environmental Science and Development. 2015; 6(1). P. 73–76.
7. *Ashworth D.J., Alloway B.J.* Influence of Dissolved Organic Matter on the Solubility of Heavy Metals in Sewage-Sludge-Amended Soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2008; 39. P. 538–550.
8. *G. Amy, ed.* Environmental Health Criteria 216: Disinfectants and Disinfectant By-products. Geneva: W.H.O, 2000. 499 p.
9. Pickup J. Euro Chlor (2010): Environmental safety of halogenated by-products from use of active chlorine. Euro Chlor Science Dossier. Brussels, Belgium. Available at: http://www.eurochlor.org.
10. Chowdhury S., Champagne P., McLellan J. Factors Influencing Formation of Trihalomethanes in Drinking Water: Results from Multivariate Statistical Investigation of the Ontario Drinking Water Surveillance Program Database. Water Quality Research Journal. 2008; 43(2/3): 93-102.

11. Garcia-Villanova R.J., Garcia C., Gomez J.A., Garcia M.P., Ardanuy R. Formation, evolution and modeling of trihalomethanes in the drinking water of a town: I. At the municipal treatment utilities. Water Research. 1997; 31(6): 1299-1308.
12. Weinberg H.S., Krasner S.W., Richardson S.D., Thruston A.D. The Occurrence of Disinfection By-Products (DBPs) of Health Concern in Drinking Water: Results of a Nationwide DBP Occurrence Study. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency Athens; 2002. 460 p.
13. Кириченко В.Е., Первова М.Г., Пашкевич К.И. Галогенорганические соединения в питьевой воде и методы их определения. Российский химический журнал. 2002; XLVI(4): 18-27.
14. Uyak V., Toroz I. Disinfection by-product precursors reduction by various coagulation techniques in Istanbul water supplies. Journal of Hazardous Materials. 2007; 141: 320–328.
15. Wei X., Chen X., Wang X., Zheng W., Zhang D., Tian D., Jiang S., Ong C.N., He G., Qu W. Occurrence of Regulated and Emerging Iodinated DBPs in the Shanghai Drinking Water. Plos one. 2013; 8(3): 1-7.
16. Рижинашвили А.Л. Показатели содержания органических веществ и компоненты карбонатной системы в природных водах в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Вестник Санкт-Петербургского университета. 2008; Серия 4(Вып.4): 90-101.
17. Di Cristo C., Esposito G., Leopardi A. Modelling trihalomethanes formation in water supply systems. Environmental Technology. 2013; 34(1): 61–70.
18. Chowdhury S., Champagne P., McLellan P. J. Models for predicting disinfection byproduct (DBP) formation in drinking waters: A chronological review. Science of The Total Environment. 2009; 407(14): 4189-4206.
19. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0083&from=EN.
20. European communities (drinking water) (No. 2) regulations. SI. No. 278 of 2007. Available at: http://www.irishstatutebook.ie/eli/2007/si/278/made/en/pdf.
21. Drinking Water Quality Standards. Ministry of Health, Labour and Welfare (Japan). Available at: https://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water_supply/4.html.
22. Moore D.R.J. Water Quality. Ambient Water Quality Criteria for Organic Carbon in British Columbia. Available at: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/water/waterquality/wqgs-wqos/approved-wqgs/organic-carbon-tech.pdf.
23. Comprehensive Disinfectants and Disinfection Byproducts Rules (Stage 1 and Stage 2): Quick Reference Guide. U.S. Environmental Protection Agency Available at: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100C8XW.txt.
24. Niemirycz E., Gozdek J., Koszka-Maroń D. Variability of Organic Carbon in Water and Sediments of the Odra River and Its Tributaries. Polish Journal of Environmental Studies. 2006; 15(4): 557-563.
25. Trihalomethanes in Drinking Water: Chloroform, Bromoform, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane. USA: Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency; 2018. 440 p.
26. Kang Y.J., Ahn J., Hwang Y.I. Acute liver injury in two workers exposed to chloroform in cleanrooms: a case report. Annals of occupational and environmental medicine. 2014; 26(1): 1-6.
27. Toxicological profile for bromoform and dibromochloromethane. U.S. Department of health and human services; 2015. Available at: https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp130.pdf.

УДК 628.1.033:543.3

РАЗРАБОТКА ГОСТ Р «ВОДА ПИТЬЕВАЯ, РАСФАСОВАННАЯ В ЕМКОСТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ»

Шпортко И.Ю.
ФБУ «УРАЛТЕСТ», г. Екатеринбург, Россия
uraltest@uraltest.ru

Ключевые слова: вода питьевая, методы испытаний, определение растворенного кислорода, контроль качества воды, разработка методики.

Приведены данные о таких проблемах в сфере обеспечения безопасности питьевой воды, как функционирование систем водоснабжения, строительство новых очистных сооружений, контроль качества воды, и, как следствие, разработка нормативных правовых актов, на основании которых проводятся испытания по определению наиболее важных параметров качества и безопасности питьевой воды. Речь идет о результатах экспериментального испытания ИЛ ФБУ «УРАЛТЕСТ» по части разработки методики при проведении измерений массовой концентрации растворенного кислорода в лабораториях по требованиям заказчиков. Исследована проблема, разработана методика по определению показателя, определяющего экологическую безопасность и физиологическую полноценность питьевой воды как для испытательных лабораторий, так и для предприятий и потребителей питьевой воды.
Актуальность исследования – отсутствие методики, регламентирующей определение концентрации растворенного кислорода в питьевой воде

DEVELOPMENT OF GOST R “BOTTLED DRINKING WATER. DETERMINATION OF THE DISSOLVED OXYGEN MASS CONCENTRATION. METHODS OF MEASUREMENT”

Shportko I.Y.
«URALTEST», Ekaterinburg, Russia
uraltest@uraltest.ru

Key words: drinking water, testing methods, determination of dissolved oxygen, water quality control, development of methods.

*The report contains data on functioning of water supply systems, construction of new treatment facilities, and water quality control. The authors have developed regulatory documents for testing critical parameters of the drinking water quality and safety. Outcomes of the experimental tests conducted by “URALTEST” demonstrated high effectiveness of the proposed methods of the dissolved oxygen mass concentration measurements in laboratories. The problem has been investigated, the methods of determining of the water ecological safety and physiological value have been developed both for laboratories and drinking water producers and consumer*s.

В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют утвержденные документы по стандартизации, устанавливающие методику определения растворенного кислорода в питьевой воде, расфасованной в емкости. Значение растворенного кислорода регламентируется только Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества» СанПиН 2.1.4.1116-02, по которому содержание кислорода в расфасованной воде должно быть не менее 5 мг/л – для воды первой категории, не менее 9 мг/л (насыщение, близкое к оптимальному при t 20…22 °С) – для воды высшей категории, а

расфасованные воды с содержанием кислорода выше 15 мг/л должны проходить санитарно-токсикологическую оценку безопасности.

Соответственно, назрела необходимость создания документа, регламентирующего метод определения растворенного кислорода в воде питьевой, расфасованной в емкости.

Исходя их вышеизложенного, действующий на базе ФБУ «УРАЛТЕСТ» секретариат подкомитета по стандартизации ПК 1 «Безопасность и эффективность водохозяйственной деятельности» технического комитета ТК 343 «Качество воды» инициировал разработку национального стандарта, включенного в план национальной стандартизации ПНС-2019.

Проект нормативного документа «Вода питьевая, расфасованная в емкости. Определение массовой концентрации растворенного кислорода. Методика измерений» (шифр темы 1.7.343-1.017.19) устанавливает методы, применяемые для осуществления измерений содержания растворенного кислорода в питьевой воде, который является показателем ее физиологической полноценности, в том числе косвенно характеризующим органолептическое и микробиологическое состояние.

Проект стандарта разрабатывался в соответствии с требованиями ст. 19 Федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», а также в развитие положений Федерального закона от 26.06.2008 № 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений» и Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании».

Цель разработки стандарта – внедрение наилучших практик и методов выполнения измерений содержания растворенного кислорода в воде питьевой путем гармонизации порядка и процедур, используемых в отечественных методиках выполнения измерений с международными.

Разрабатываемый стандарт устанавливает следующие методы определения массовой концентрации растворенного кислорода в диапазоне измерений от 3,0 до 16,0 мг/дм^3: титриметрический (метод А); амперометрический (метод Б).

Испытания воды, насыщенной растворенным кислородом, показали, что питьевая вода соответствует предъявляемым к ней требованиям, учитывая погрешность методики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент Евразийского экономического союза ТР ТС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».
2. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»
3. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений»
4. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании».
5. Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества» СанПиН 2.1.4.1116-02.

УДК 628.32: 544.7

СОРБЦИЯ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫМ МОНТМОРИЛЛОНИТОМ

Юрченко В.В., Свиридов А.В.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, Россия
Семенищев В.С., Никифоров А.Ф., Шабунин А.Ф., Никифоров С.В.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
navijoy@inbox.ru

Ключевые слова: модифицированные сорбенты, гидрозоли монтмориллонита, монтмориллонит, слоистые алюмосиликаты.

Получены модифицированные сорбенты на основе гидрозолей монтмориллонита. Изучены закономерности сорбции ионов кальция из водных растворов различного состава. Показано влияние величины pH водной фазы и дозы подщелачивающего реагента на сорбируемость ионов кальция. Установлено, что в отличие от NaOH при использовании в качестве щелочного реагента Na_2CO_3 в растворе образуются менее устойчивые коллоидные частицы и процесс извлечения кальция протекает более интенсивно. С ростом величин pH и дозы гидрозоля монтмориллонита сорбируемость ионов кальция увеличивается. Предложенный сорбент может быть использован для извлечения ионов кальция из водных систем при одновременном осветлении их от взвешенных веществ.

CALCIUM IONS SORBTION WITH THE MODIFIED MONTMORILLONIT

Yurchenko V.V., Sviridov A.V.
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

Semenishchev V.S., Nikiforov A.F., Shabunin A.F., Nikiforov S.V.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
navijoy@inbox.ru

Key words: modified sorbents, montmorillonite hydrosols, montmorillonite, laminated aluminum silicates

Abstract: *The authors have obtained modified sorbents based on montmorillonit hydrosols. They have studied regularities of the calcium ions sorption from water solutions of different compositions. We have demonstrated influence of the water phase pH value and alkalinizing agent doze on the calcium ions sorption ability. It has been stated the use of Na_2CO_3 as a alkalizing agent instead of NaOH makes less stable colloid particles in a solution, this resulted in more intensive process of calcium recovery. The calcium ions sorption rate increase with the pH value and the share of montmorillonit hydrosols. The proposed sorbent can be used for the calcium ions recovery from water systems with concurrent clarification from suspended matter.*

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является получение на основе монтмориллонита сорбентов с повышенной сорбционной емкостью, позволяющих извлекать из водных систем ионы щелочно-земельных металлов. Монтмориллонит составляет основу бентонитов и относится к слоистым алюмосиликатам с расширяющейся ячейкой [1]. По результатам исследований [2], емкость катионного обмена монтмориллонита находится в пределах 0,7–1,0 мг-экв/г.

Монтмориллонит относится к слоистым алюмосиликатам с расширяющейся структурной ячейкой, состоящей из трехслойных пакетов, в которых одна сетка октаэдров оксида алюминия сочленяется с двумя сетками кремнекислородных тетраэдров. При этом на поверхности частиц алюмосиликатов возникает избыточный отрицательный заряд, который

уравновешивается положительным зарядом гидратированных обменных катионов, расположенных в межпакетных пространствах.

Увеличение сорбционной емкости природных сорбентов возможно с помощью модификации их поверхности различными соединениями, которые образуют комплексные или малорастворимые соединения с катионами металлов [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе изучена возможность выделения катионов кальция (II) из водных растворов с помощью модифицированных гидрозолей монтмориллонита.

Природные коллоидные сорбенты, использованные в работе, представляли собой гидрозоли монтмориллонита Зыряновского месторождения в Na-форме, обладающие наиболее высокой удельной поверхностью и адсорбционными характеристиками [4].

В качестве модификаторов, регулирующих свойства реагентов, в зависимости от технологических задач, применяли в определенных соотношениях кальцинированную соду, гидроксид натрия, полифосфаты и органические соединения, содержащие в своем составе карбоксильные и эфирные группировки. Гидрозоли в немодифицированном виде извлекают незначительные количества кальция из раствора (0,3–0,5 мг-экв/г).

Для исследования сорбционной способности полученных модифицированных алюмосиликатов использовали модельные растворы кальция, природную воду (общая жесткость составляет 10,3 мг-экв/л). Модельные растворы получены путем растворения навесок $CaCl_2$ в дистиллированной воде. Дистиллированная вода получена однократной дистилляцией водопроводной воды.

Анализ на содержание ионов Ca^{2+} и на общую жесткость проводили с помощью стандартной методики (титрование трилоном Б) ГОСТ 4151-72.

По экспериментально полученным значениям содержания Ca^{2+} и общей жесткости в исходном и равновесном растворах определяли степень сорбции (S, %), коэффициент распределения кальция между твердой и жидкой фазами (K_d, мл/г), сорбируемость извлекаемого компонента (мг-экв/г). После тридцатиминутного перемешивания (при установлении динамического равновесия в системе) твердую фазу отделяли от раствора фильтрованием. В фильтрате определяли жесткость воды методом титрования с Трилоном Б. Эксперименты проводились при температуре 22–25 ^{0}C.

В работе было использовано два адсорбента: «5/0.5М» и «3/1.7» с содержаниями модификатора 50 % и 37,5 % соответственно.

Величину удельной адсорбции определяли по формуле:

$$A = C_{изв} \cdot V_{раствора} / m_{сорбента}, \qquad (1)$$

где А – величина удельной адсорбции, мг-экв/г;

$C_{изв}$ – концентрация сорбированного катиона кальция, мг-экв/л;

$m_{сорбента}$ – масса сорбента по монтмориллониту, г;

$V_{раствора}$ – объем модельного раствора, л.

Получены изотермы адсорбции кальция модифицированными алюмосиликатами Вид зависимостей соответствует Ленгмюровским изотермам мономолекулярной адсорбции.

Опыты по извлечению катионов Ca^{2+} и снижению общей жесткости проведены при температуре 20±2 ^{0}C. Статистическая обработка результатов сорбционных экспериментов производилась компьютерным пакетом Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В экспериментах использовали модельные растворы Ca^{2+} с содержанием кальция 2,4 мг-экв/л и 1,8 мг-экв/л. В растворы при разном значении pH вводили сорбент (доза 60 мг/л). Величину pH раствора изменяли с помощью дозирования кальцинированной соды и раствора щелочи. Полученные данные по распределению Ca^{2+} между твердой и жидкой фазами приведены на рис. 1.

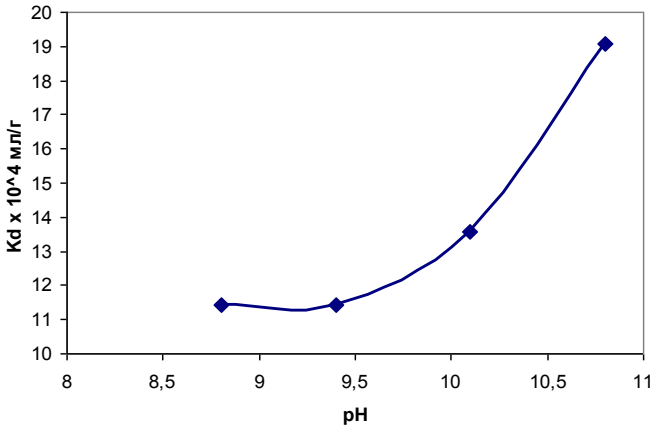


Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения от pH раствора при содержании кальция 2,4 мг-экв/л.

Ниже приведены данные по влиянию величины pH раствора на сорбируемость кальция (доза 60 мг/л):

pH	8,8	9,4	10,1	10,8
A (мг-экв/г)	16	16	17,7	21

С ростом величины pH количество поглощенного кальция растет. В оптимальных условиях кальциевая жесткость снижена с 2,4 мг-экв/л до 1,1 мг-экв/л. При содовом методе извлечения кальция из водных растворов доза реагента для снижения жесткости на 1,3 мг-экв/л составила бы 160 мг/л, что почти в три раза выше, чем в предлагаемом способе (60 мг/л).

Ниже приведены данные по влиянию величины pH раствора на сорбируемость кальция (доза 100 мг/л):

pH	9,3	9,8	10,3	10,5	10,8
A (мг-экв/г)	16,7	18,3	18,3	18,3	18,3

При увеличении pH раствора ионы Ca^{2+} переходят в менее растворимые формы $CaOH^{+}$, $Ca(OH)_2$ и $CaCO_3$, что позволяет им более активно взаимодействовать с модификаторами на поверхности алюмосиликата.

Установлено, что при использовании в качестве щелочного реагента Na_2CO_3 в растворе образуются менее устойчивые коллоидные частицы и процесс извлечения кальция протекает более интенсивно. По-видимому, карбонат натрия взаимодействует с модификатором на поверхности сорбента и быстро переходит в осадок. Карбонат-ион в осадке вновь образует коллоидные частицы с ионами Ca^{2+} и процесс повторяется.

Установлено, что оптимальной величиной извлечения ионов кальция является величина pH 10. В растворе в этих условиях присутствуют карбонат-ионы. Зависимость коэффициента распределения ионов кальция между твердой и жидкой фазами приведена на рис. 2. В табл. 1 показаны закономерности извлечения ионов кальция в зависимости от различных параметров процесса.

Табл. 1. Сорбируемость ионов кальция в зависимости от величины pH и дозы сорбента.

Доза сорбента 100 мг/л, pH изменяли с помощью NaOH				
pH	9	9,5	10	10,5
A (мг-экв/г)	8	15	23	22
Доза сорбента 100 мг/л, pH изменяли с помощью NaOH и Na_2CO_3				
pH	9	9,5	10	10,5
A (мг-экв/г)	11	18	41	38
pH 10 (NaOH и Na_2CO_3)				
Доза (мг/л)	85	120	160	200
A (мг-экв/г)	37,7	30,8	23,75	20

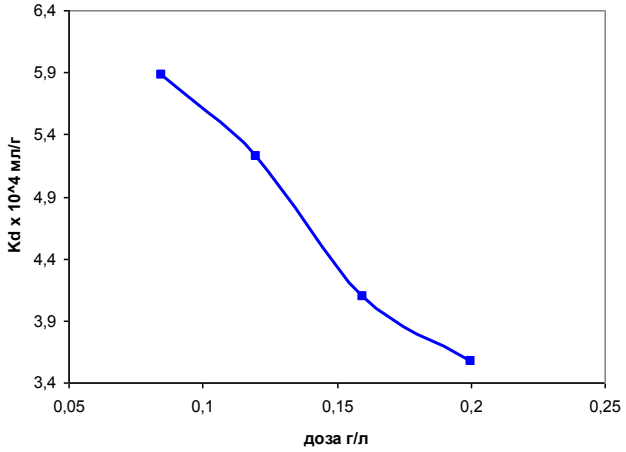


Рис. 2. Зависимость коэффициента распределения от дозы сорбента при общей жесткости 9,6 мг-экв/л (pH 10).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При реагентных методах извлечения кальция из водных растворов образуются карбонат кальция и гидроксид магния, которые длительное время могут находиться в водных растворах в колоидно-дисперсном состоянии. Их переход в осадок длителен во времени, особенно при низких температурах и наличии в воде органических примесей.

В случае применения гидрозоля модифицированного монтмориллонита коллоиды карбоната кальция и гидроксида магния закрепляются на поверхности сорбента. Процесс сорбции протекает более интенсивно. Образующиеся хлопья гидрозолей быстро переходят в осадок. Предложенный сорбционный метод может быть использован для извлечения ионов кальция из водных систем при одновременном осветлении их от взвешенных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тарасевич Ю.И.* Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев, Наук. думка, 1981. 208 с.
2. *Овчаренко Ф.Д., Поляков В.Е., Тарасевич Ю.И.* Ионообменные равновесия и термодинамика ионного обмена на монтмориллоните с участием ионов переходных металлов // Украинский химический журнал. 1975. Т. 41. № 1. С. 5–10.
3. *Ермаков Д.В., Свиридов А.В., Ибатулина Ю.Р.* Извлечение катионов меди (II) с помощью коллоидных сорбентов // Известия Челябинского научного центра. 2004. № 1 (22). С. 164–168.
4. *Юрченко В.В.* Адсорбция стронция на модифицированных слоистых алюмосиликатах / В.В. Юрченко, А.В. Свиридов, В.В. Свиридов, А.Ф. Никифоров, С.В. Пряничников // Сорбционные и хроматографические процессы. 2017. Т. 17. № 3. С. 916– 922.

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

ROLE OF ECOLOGICAL EDUCATION AND AWARENESS IN FORMATION OF SAFE ENVIRONMENT FOR POPULATION

УДК 378.016:502+[502.51:504.5]:[502.175+628.4]

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И НАУЧНЫЕ ПРАКТИКИ РГППУ В СФЕРЕ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ

Е.М. Дорожкин, Г.В. Харина, С.В. Анахов

ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: экологическое образование, окружающая среда, экологическая деятельность, научно-исследовательская работа, загрязнение, плазменная инсинерация, обезвреживание, утилизация, отходы.

В работе рассматриваются особенности учебного процесса и научной деятельности студентов в области экологии в профессионально-педагогическом университете. Выделены подходы и направления экологического образовательного процесса. Авторы отмечают преимущества использования краеведческого подхода при изучении экологии. Особое внимание уделяется проектному методу изучения экологических дисциплин. Приведены результаты исследовательских работ студентов по анализу качества воды в Свердловской области. В качестве направления инновационных исследований представлены разработки технологий плазменного обезвреживания особо опасных экотоксикантов. Подобная задача возникает в связи с проблемой утилизации жидкофазных отходов и ее решение может быть найдено за счет высокотемпературной плазменной инсинерации на стадии дожигания особо опасных веществ, образующихся в технологиях термической утилизации отходов. Особое внимание уделено плазменным технологиям обезвреживания диоксинов, показаны особенности и преимущества метода. Обозначены направления дальнейших исследований и разработок, необходимых для создания технологии плазменной инсинерации с максимальной эффективностью обеззараживания.

EDUCATIONAL AND RESEARCH PRACTICES OF RUSSIAN STATE PROFESSIONAL/PEDAGOGICAL UNIVERSITY IN WATER QUALITY MONITORING IN SVERDLOVSK OBLAST AND IN DEVELOPMENT OF ECOTOXICANTS' DECONTAMINATION TECHNIQUES

E.M. Dorozhkin, G.V. Kharina, S.V. Anakhov

Russian State Professional/pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Key words: ecological education, environment, ecological activities, researches, pollution, plasma incineration, decontamination, utilization, waste.

The work discusses special features of educational process and students' researches on ecology in the professional/pedagogical university. We highlighted approaches and main directions of the educational process. Special attention was paid to the project method of ecological disciplines studying. The paper presents results of the students' researches on water analysis in the Sverdlovsk Oblast river bodies. Development of plasma decontamination of the highly hazardous eco/toxicants were presented as examples of innovative researches. The problem is associated with liquid phase waste utilization and it may be solved through high-temperature plasma incineration at the afterburning stage of extremely hazardous substances. We paid attention to dioxins plasma decontamination techniques and have shown features and advantages of the method.

Профессионально-педагогическое образование направлено на подготовку квалифицированных специалистов для профессиональных учреждений разных уровней. Сегодня, в условиях глобального экологического кризиса, особую важность приобретает подготовка не только по отраслевым и педагогическим дисциплинам, но и формирование у будущего специалиста экологической культуры, определяющей характер отношений между человеком и социоприродной средой: поведение, результаты деятельности и степень персональной ответственности человека за любые действия в ней. Важным показателем экологической культуры являются экологические знания, которые позволяют составить целостное представление о социоприродной среде, сформировать экологическое мировоззрение и социально-профессиональную ответственность специалиста. Профессиональным учреждениям нужны не только компетентные в своей области знаний специалисты, но и экологически грамотные педагоги.

В Российском профессионально-педагогическом университете изучаются такие экологические дисциплины, как «Экология», «Экология сварочного производства», «Экология машиностроительного производства», «Инженерная экология». При этом преподавателями разрабатываются и совершенствуются подходы к экологическому образовательному процессу, осуществляемому по двум направлениям: 1) усвоение экологических знаний как элемента общего фундаментального естественнонаучного образования, способствующего формированию экологического мировоззрения и 2) подготовка специалистов, владеющих знаниями экологической безопасности и рационального природопользования в сфере выбранной специализации. Основное внимание уделяется не накоплению материала, а умению добывать конкретные знания, подкрепляющие и разъясняющие теоретические представления. На наш взгляд, все это способствует формированию экологического мировоззрения и экологического мышления [1].

Особое внимание при изучении экологических дисциплин уделяется внеаудиторной самостоятельной работе студентов, которая является неотъемлемой составляющей образовательного процесса в высшем учебном заведении. Целям формирования экологического мировоззрения и мышления служит использование краеведческого подхода к рассмотрению экологических проблем. На кафедре математических и естественнонаучных дисциплин РГППУ в рамках «Дней науки и творчества молодежи» проводятся научные семинары, посвященные экологическим проблемам Уральского региона. Студенты собирают информацию и готовят доклады об экологической ситуации в местах своего жительства, обсуждают вопросы, личностно значимые для них. Такие семинары развивают у студентов способность анализировать результаты хозяйственной деятельности человека и собственного поведения в окружающей среде, усиливают чувство ответственности за состояние природы и техносферы, вызывают эмоциональные переживания и стремление помочь в решении экологических проблем.

Формирование экологического мышления и ответственного отношения к природе невозможно без участия в экологической деятельности. Студентами вуза в рамках учебного процесса она реализуется при выполнении научно-исследовательских проектов, целью которых является анализ качества объектов окружающей среды: питьевой воды, почвы и продуктов питания. В ходе выполнения исследовательских проектов студенты обучаются приемам экологического мониторинга и самостоятельной интерпретации полученных результатов, составлении рекомендаций и выводов. Отдельного внимания заслуживает проводимая РГППУ совместно с УрГЭУ Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция молодых ученых и студентов «Экологическая безопасность в техносферном пространстве». В 2019 году конференция прошла во 2-й раз на базе РГППУ и была организована кафедрой математических и естественнонаучных дисциплин РГППУ совместно с кафедрой физики и химии УрГЭУ с привлечением более 70 студентов, магистрантов и аспирантов вузов, а также преподавателей школ России, Белоруссии, Украины. Были проведены заседания по двум секциям, на которых было заслушано и обсуждено несколько десятков докладов с исследовательскими и аналитическими проектами по проблемам экологической безопасности человека, экологизации науки и производства,

экологическому мониторингу окружающей среды. РГППУ на этой конференции представляли одиннадцать студентов, исследования которых были отмечены оргкомитетом среди наиболее актуальных, содержательных и интересных – например, «Исследование качества питьевой воды в Свердловской области» А. Андреевой и А. Строшковой.

Табл. 1. Значения pH, жесткости, окисляемости и содержание нитратов в пробах воды

Проба воды	Показатели качества воды							
	pH	ПДК	$C_{NO_3^-}$, мг/дм^3	ПДК, мг/дм^3	$Ж_{общ.}$, ммоль/дм^3	ПДК, ммоль/дм^3	X, мг/дм^3	ПДК, мг/дм^3
Нижний Тагил	7,15	6-9	3,15	45,0	1,44	7,0	**7,83**	5,0
Сухой Лог	7,29		15,5		3,84		4,29	
Богданович	7,48		1,24		**10,24**		3,17	
Серов	8,41		40,3		5,6		1,79	
Каменск-Уральский	7,40		15,6		2,50		5,76	
Камышлов	7,16		9,3		2,80		3,02	
Екатеринбург	7,68		3,1		2,40		4,78	

Помимо отмеченной работы интерес представляют и другие представленные на конференции результаты анализа качества воды, полученные студентами и преподавателями РГППУ. В таблице 1 представлены обобщающие результаты такого анализа, пробы для которого были отобраны из разных источников водоснабжения населённых пунктов Свердловской области. Исследования проводились титриметрическим и потенциометрическим методами.

Как следует из таблицы 1, значения pH всех проб воды и концентрация нитратов соответствуют допустимым нормам. Однако значения таких показателей, как жесткость и окисляемость, полученные при анализе проб воды из Богдановича и Нижнего Тагила, существенно превышают соответствующие предельно допустимые концентрации. Перманганатная окисляемость характеризует степень загрязнения воды органическими загрязнителями. Очевидно, повышенная окисляемость свидетельствует либо о недостаточной степени очистки воды, либо об изношенности очистных сооружений. Известно [2], что сегодня экологическая ситуация в Нижнем Тагиле близка к катастрофической. Действующие промышленные предприятия загрязняют окружающую среду различными экотоксикантами, в открытые водоемы попадают огромные количества нефтепродуктов, смазочно-охлаждающих жидкостей, фенола и его производных, диоксинов и т.д. Повышенное значение жесткости, найденное в пробах воды из Богдановича, может быть обусловлено геохимическим фактором: ионы кальция и магния, содержащиеся в больших количествах в известковых почвах, за счет инфильтрационных процессов неизбежно попадают в водоемы.

Многие тяжелые металлы характеризуются негативным влиянием на здоровье человека. Свинец имеет свойство накапливаться в организме, поэтому даже незначительное превышение допустимой нормы чревато возникновением необратимых патологий. Избыточное содержание кадмия в организме может спровоцировать возникновение злокачественных опухолей [3]. В этой связи представлял интерес анализ исследуемых проб воды на содержание тяжелых металлов. Результаты анализа проб, проведенных методом инверсионной вольтамерометрии, представлены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что все пробы воды, кроме проб из Сухого Лога, характеризуются высокой степенью загрязнения свинцом и кадмием. Повышенное содержание тяжелых металлов в воде обусловлено, как было отмечено выше, отходами машиностроительных и металлургических предприятий, сосредоточенных в городах Свердловской области и Екатеринбурге. Кроме того, большой вклад в загрязнение окружающей среды тяжелыми

металлами вносит и транспорт. Тяжелые металлы, содержащиеся в отходах промышленных производств, растворяются под действием кислотных осадков и попадают в источники водоснабжения. В этой связи особенно важно контролировать качество водопроводных труб и работы очистных сооружений. Тем не менее, на сегодняшний день установлен факт несоответствия состояния водопроводных труб санитарно-гигиеническим требованиям [4].

Табл. 2. Найденные концентрации тяжелых металлов в пробах воды

Проба воды	Содержание тяжелых металлов, мг/дм^3					
	Cu^{2+}	$ПДК_{Cu2+}$	Pb^{2+}	$ПДК_{Pb2+}$	Cd^{2+}	$ПДК_{Cd2+}$
Нижний Тагил	0,007	1,000	0,048	0,030	**0,006**	0,001
Сухой Лог	0,017		0,009		–	
Богданович	0,019		0,046		**0,003**	
Серов	0,005		**0,203**		**0,005**	
Каменск-Уральский	0,011		**0,054**		**0,009**	
Камышлов	0,006		**0,035**		–	
Екатеринбург	0,054		**0,080**		–	

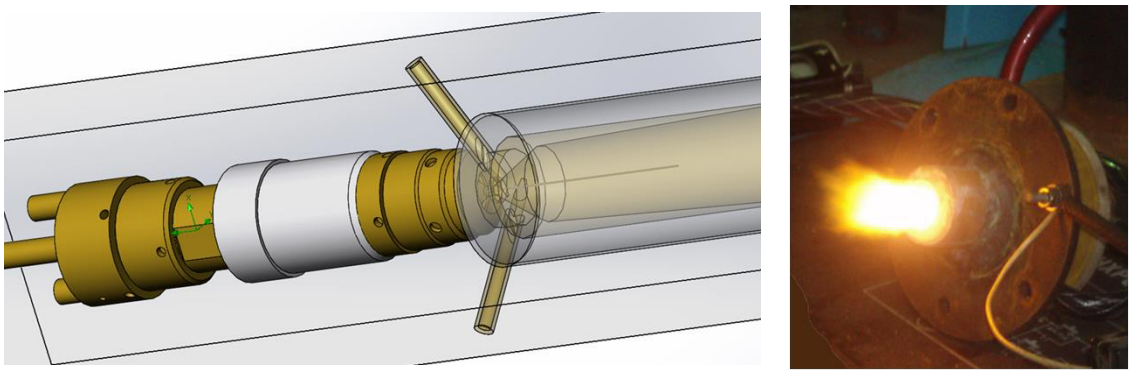
Для уменьшения содержания тяжелых металлов в составе воды применяются различные системы очистки: очистка воды от меди производится методом обратного осмоса воды, от свинца – методом ионного обмена, мембранных методов (нанофильтрационных и обратноосмотических), угольной фильтрации. Кадмий достаточно эффективно удаляется из воды при известковом умягчении и коагуляции. Очень эффективен ионный обмен, позволяющий удалить из воды 99 % кадмия.

Еще одним важным направлением экологической деятельности, реализуемой в РГППУ, является научное исследование в сфере разработки технологий плазменного обезвреживания экотоксикантов. Подобные продукты (типа диоксинов, бифенилов, бифуранов и т.д.) привлекают в настоящее время наиболее пристальное внимание экологов, поскольку широкое внедрение термических средств утилизации отходов широкого класса (включая и жидкофазные), зачастую, сопровождается образованием отходов высокой степени (I и II класса) опасности. Известные в настоящее время способы утилизации отходов, предотвращающие образование экотоксикантов подобного типа, известны и были, в частности, рассмотрены на отмеченной ранее конференции «Экологическая безопасность в техносферном пространстве» [5,6]. Однако, соблюдение требований, необходимых для предотвращения их образования, достаточно энерго- и экономически затратно и не всегда технологически выполнимо. В этой связи возникает задача поиска современных технологий, обеспечивающих минимальный уровень выброса экотоксикантов в окружающую среду, внедрение которых возможно на стадии отдельных циклов широко применяемых технологий термической утилизации отходов.

В РГППУ подобная задача решается в рамках проекта «Разработка фундаментальных научных основ применения процессов плазменной инсинерации в технологиях рециклинга отходов» (руководитель – заведующий кафедрой математических и естественнонаучных дисциплин, к.ф.м.-н. Анахов С.В.), реализуемого в 2019–2021 гг. при поддержке гранта РФФИ №19-08-00190. В основе проекта лежит идея о применении в проектах экологической направленности электроплазменной техники, использующей генератор низкотемпературной плазмы – плазмотрон. При температурах плазменной струи в несколько тысяч градусов возникает высокоэнергетичный эффект воздействия на вещества, позволяющий подвергнуть их глубокому разложению, – плазменная инсинерация («сжигание»). В зависимости от вида и степени токсичности отходов применение плазмотронов возможно как на стадии высокотемпературной обработки и обезвреживания самих отходов, так и на стадии обязательной в настоящее время многоступенчатой очистки образующихся при переработке газов [7]. Первый вариант с учетом энергозатратности плазменных технологий представляется целесообразным для решения локальных, но важных задач по санитарно-эпидемиологическим

и экологическим требованиям – уничтожение инфицированных отходов, кремация трупов животных, а последний – для обезвреживания супертоксикантов (полихлорированных дибензодиоксидов, дибензофуранов, бифенилов, отравляющих веществ, тяжелых металлов и их соединений и т.д.).

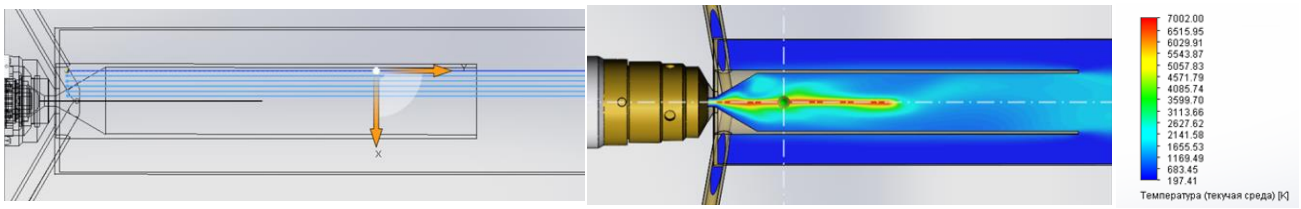
Большая часть применяемых в технологиях обезвреживания отходов (экотехнологиях) плазмотронов предназначена для переработки дисперсных и парогазовых сред, когда отходы обезвреживаются путем непосредственного введения в плазменную дугу (струю). В отличие от широко применяемых для таких целей ВЧ-плазмотронов с магнитной стабилизацией дуги, авторами проекта была разработана и запатентована полезная модель дугового плазмотрона [8], который может применяться для обезвреживания токсичных парогазовых потоков различного состава и фазового состояния (рис.1). Предварительно закрученный с помощью системы газовихревой стабилизации поток плазмообразующего газа (ПОГ) в камере смешения (КС) такого плазмотрона нагревается дугой и взаимодействует с потоком тангенциально подаваемой токсичной парогазовой смеси. Для оценки эффективности обезвреживания токсичных газов с применением плазмотрона подобного типа в рамках проекта решается задача – методами математического моделирования определить газодинамические параметры потоков в КС с различным конструктивным исполнением зоны нагрева и охлаждения утилизируемого газа для последующей оценки термокинетических процессов обезвреживания токсичных отходов, содержащихся во вторичном газовом потоке, а также выработки рекомендаций по совершенствованию конструкции плазмотрона и технологической схемы обезвреживания.



а б

Рис. 1. Плазмотрон для обезвреживания опасных отходов:
а – расчетная модель, б – опытная модель.

По результатам моделирования в приложении FlowWorks программной среды SolidWorks (рис.2) были рассчитаны газодинамические параметры (температуры, скорости и времена нагрева) утилизируемого газа в различных областях КС цилиндрического и конфузорного типа при различных конструкциях камеры смешения и способах подачи в неё утилизируемой парогазовой среды [9].



а б

Рис. 2. Газодинамическое моделирование: а – траектории расчета скоростей и температур в камере смешения плазмотрона, б – распределение температур.

Результаты газодинамического моделирования свидетельствуют о средних температурах в КС от 1500 до 3000 К и средних скоростях в 50–100 м/с при характерных временах нагрева от 2 до 5 мс (рис. 3). При конфузорном типе КС время нагрева увеличивается в 1,5-2 раза в зависимости от траектории, причем наибольшее увеличение происходит вблизи стенок КС. Последние результаты коррелируют с порядками значений времени разложения диоксинов при таких температурах, что свидетельствует о существенных преимуществах плазменного метода по сравнению с известными технологиями пиролизного либо колосникового сжигания отходов, при которых максимальные температуры, как правило, составляют менее 1000 К и не обеспечивают эффективной деструкции вышеупомянутых супертоксикантов. С учетом того, что эффективность подобной деструкции увеличивается с ростом как температуры, так и времени нагрева, в качестве приблизительной оценки эффективности различных конструктивных вариантов плазмотрона авторами проекта предложено рассмотреть произведение данных параметров. В соответствии с результатами, представленными на рис.3 делается также вывод о преимуществах, достигаемых при вводе утилизируемого газа в КС под углом 30^0 к оси плазмотрона, а также конфузорном характере исполнения камеры смешения. Целесообразно также при проектировании технологии обезвреживания предусмотреть и камеру закалки перед выбросом газов в атмосферу.

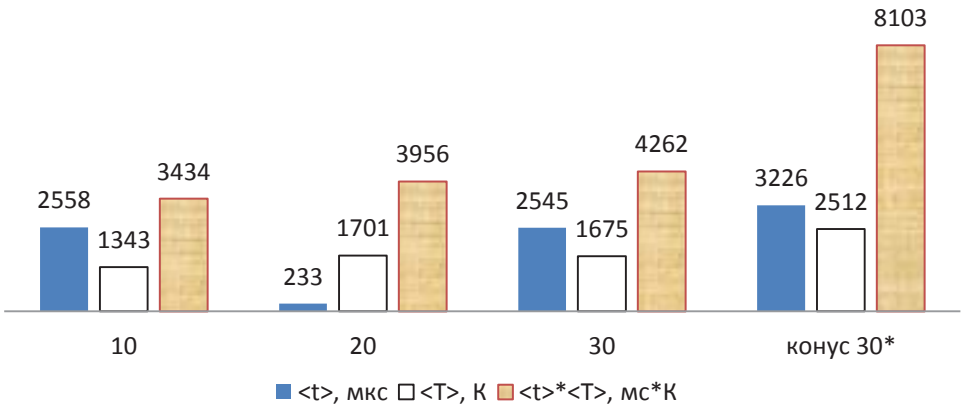


Рис. 3. Результаты газодинамического моделирования при углах ввода утилизируемого газа в 10, 20 и 30 градусов (цилиндрическая КС) и 30 градусов (конфузорная КС):
<t> – среднее время нагрева (мкс), <T> – средняя температура в КС (К),
<t>·<T> – оценочный параметр эффективности обезвреживания.

Авторами проекта планируется продолжение разработки и анализа конструкции плазмотрона для экотехнологий с целью увеличения средних температур и времени нагрева супертоксикантов в камере смешения с целью их полной деструкции. В последующие годы работы по проекту будет осуществлена его техническая реализация, которая планируется авторами путем внедрения способа плазменного обезвреживания на стадии дожигания отходящих газов в известных установках термической инсинерации типа ЭЧУТО, Турмалин (Россия), ATI Muller (Франция) и т.д. Представляют интерес и другие предложения по внедрению пламенных технологий в экологической сфере – например, технология плазменного обезвреживания жидкофазных нефтесодержащих отходов, когда плазмотрон используется в плазмохимическом реакторе (ПХР) для обезвреживания отходов в парогазовой фазе, поступающих в ПХР из системы подготовки и подачи жидких отходов (барботера) (рис.4). Сделанные ранее авторами проекта предложения по внедрению подобных технологий были включены в Стратегический проект развития г. Екатеринбурга до 2020 года и могут быть в последующие годы реализованы в рамках Национального проекта «Экология» на принципах государственно-частного партнерства.

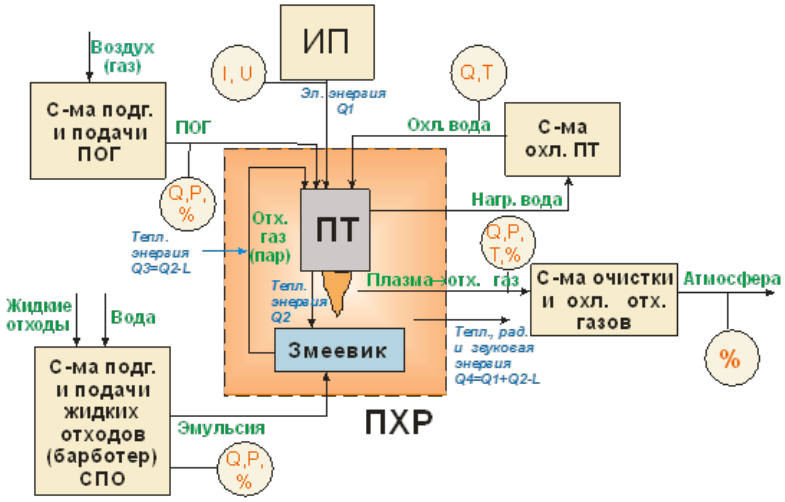


Рис. 4. Технологическая схема способа плазменного обезвреживания жидкофазных нефтесодержащих отходов.

ВЫВОДЫ

1. Современное профессионально-педагогическое образование должно быть направлено не только на подготовку по отраслевым и педагогическим дисциплинам, но и на формирование у будущего специалиста экологической культуры. Подобное направление обучения может быть реализовано как в рамках проектного подхода, так и в целостной системе профессионально-педагогического образования, включающего в себя образовательные и научные практики ВУЗа в экологической сфере.

2. Результаты экологической деятельности студентов и преподавателей РГППУ вуза имеют наглядную реализацию в сфере мониторинга качества воды в Свердловской области. По результатам научных исследований можно сделать выводы о несоответствии качества воды допустимым нормам по жесткости и окисляемости в таких городах, как Богданович и Нижний Тагил и о необходимости принятия мер экологической направленности для решения данной проблемы. Особое внимание следует обратить на высокую степень загрязнения свинцом и кадмием воды в большинстве промышленных городов Свердловской области.

3. Важным направлением экологической деятельности, реализуемой в РГППУ, является научное исследование в сфере разработки плазменных технологий обезвреживания экотоксикантов. Внедрение таких технологий на стадии дожигания отходящих газов в установках термического обезвреживания отходов способно минимизировать выброс отходов I и II класса опасности (диоксинов, бифенилов, бифуранов) в окружающую среду и может быть реализовано в рамках Национального проекта «Экология» на принципах государственно-частного партнерства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Слинкина М.В., Харина Г.В.* Опыт преподавания экологии в профессионально-педагогическом вузе // Вестник Учебно-методического объединения по профессионально-педагогическому образованию. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. Вып. 1(42). С. 95–99.

2. *Язовский Ю.А.* Здесь жить нельзя – Нижний Тагил // Проза.ру: литературный портал. 2016. Режим доступа: https://www.proza.ru/2016/12/06/756 [дата обращения 10.07.19].

3. *Вишневецкий В.Ю., Ледяева В.С.* Экологическое прогнозирование загрязнения водных сред тяжелыми металлами // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4. Ч. 2. С. 1 – 13.

4. *Коньшина Л.Г.* Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. № 5. Т. 95. С. 413–416.

5. *Волохов Н.Д., Лихачева И.В., Анахов С.В.* Проблема обезвреживания диоксинов // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Второй Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 26 апреля 2019 г. Екатеринбург: РГППУ, 2019. С. 45–51.
6. *Мусихин К.И., Харина Г.В.* Проблема диоксиновой опасности // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Второй Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 26 апреля 2019 г. Екатеринбург: РГППУ, 2019. С. 193–198.
7. *Анахов С.В., Пыкин Ю.А., Шакуров С.А.* Системные принципы в решении задач экологической безопасности с применением плазменных технологий // Экология и промышленность России, 2014. № 1. С. 4–9.
8. *Пыкин Ю.А., Анахов С.В., Шакуров С.А.* Патент №67909 РФ Плазмотрон. Заявлено 22.05.2007.
9. *Анахов С.В., Пыкин Ю.А., Матушкин А.В.* Моделирование процессов плазменной инсинерации в технологиях утилизации и обезвреживания отходов // Техносферная безопасность. 2019. № 1. С. 129–141.

УДК 574.5

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА СТАНЦИИ ЮНЫХ НАТУРАЛИСТОВ НИЖНЕГО ТАГИЛА ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРОДА И ПРИРОДНОГО ПАРКА «РЕКА ЧУСОВАЯ»

Застольская Л.И.
МАУ ДО «Городская станция юных натуралистов», г. Нижний Тагил, Россия
ejiknt@yandex.ru

Ключевые слова: исследовательская деятельность, экологические проблемы, водные экосистемы.

Воспитанники станции юных натуралистов в течение длительного времени занимаются изучением экологического состояния водных экосистем города и Природного парка «Река Чусовая». Выявлены наиболее загрязненные реки города, изучено экологическое состояние реки Чусовой. Показано участие юннатов в изучении биореабилитации прудка – осветлителя на реке Вязовка.

REASERCHES OF URBAN AND “THE CHUISOVAYA RIVER” NATURE PARK AQUATIC ECOSYSTEMS AT THE NIZHNI TAGIL YOUNG NATURALISTS STATION

«City station of young naturalists», Nizhny Tagil, Russia.

Key wordss: Research activities, environmental problems, aquatic ecosystems.

Pupils of the station of young naturalists for a long time engaged in the study of the ecological state of the water ecosystems of the city and the Natural Park "Chusovaya River". The most polluted rivers of the city were identified, the ecological state of the Chusovaya River was studied. Shows the involvement of naturalists in the study of bio/rehabilitation of a pond – clarifier on the Vyazovka River.

Учебно-исследовательская деятельность является одним из приоритетных направлений в работе детских объединений станции юных натуралистов. Творческая работа над учебно-исследовательским проектом вызывает интерес к процессу познания и получения практически значимой информации, способствует развитию у школьников представлений об интеграции различных образовательных областей знаний и деятельности, интеллектуальной инициативы, обучению новым информационным технологиям и средствам телекоммуникации, созданию предпосылок для развития научно-практического образа мышления, профессиональному, личностному, социальному самоопределению.

Успех работы во многом определяется интересом учащихся к исследованиям, который тем выше, чем актуальнее тема работы, чем большее практическое значение она имеет. Особенно востребованы в связи с этим темы исследований, связанные с региональными экологическими проблемами. Экологический характер исследований способствует воспитанию у детей и подростков интереса к изучению экологического состояния своей местности, экологических проблем региона. В процессе исследовательской деятельности юный эколог учится формулировать изучаемую экологическую проблему, выдвигать и обосновывать причины ее возникновения, планировать и проводить исследования, делать выводы, строить прогноз, способствовать реализации предложений по улучшению экологического состояния окружающей среды [1].

Город Нижний Тагил является одним из самых насыщенных промышленными предприятиями в регионе, в результате чего экологические последствия антропогенного загрязнения природной среды превратились здесь в одну из важнейших проблем. Особенно страдают от загрязнения водные экосистемы города. На территории города в водные объекты бассейна реки Тагил сбрасываются неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды предприятий металлургической горнорудной, машиностроительной, химической,

автотранспортной, железнодорожной, пищевой промышленности. Этим обусловлен интерес обучающихся на станции юных натуралистам к к изучению экологического состояния водных экосистем .

Изучение экологического состояния водных экосистем города проводятся воспитанниками СЮН более 20 лет. Методом биотестирования изучается токсичность сточных вод промышленных предприятий и снеговых талых вод, методом биоиндикации по организмам макрозообентоса – экологическое состояния водных экосистем города и Пригородного района. Аппликационным методом изучается способность рек к самоочищению.

Было изучено экологическое состояние 7 малых рек, реки Тагил, Верхневыйского и Нижнетагильского пруда. Выявлены наиболее загрязненные водные объекты: реки Малая Кушва и Вязовка. Воды этих рек содержат сульфаты, хлориды, железо, медь, фтор, цинк, марганец, ванадий, фенолы, нефтепродукты, из которых содержание железа, марганца, фенолов и нефтепродуктов превышают ПДК.

Наиболее распространенным способом очистки поверхностных стоков является выдерживание их в биологических прудах-отстойниках, в которых снижается концентрация загрязнителей за счет естественного процесса физического, химического и биологического самоочищения. Прудок – осветлитель на реке Вязовка – один из самых загрязненных, в который сбрасываются неочищенные или недостаточно очищенные стоки Нижне-Тагильского металлургического комбината. Уменьшение негативного влияния сточных вод предприятия на природные водоемы возможно, используя способ биореабилитации за счет интенсификации процессов самоочищения путем введения в биосистему живых организмов, повышающих способность водоемов к самоочищению. Среди них, в последнее время, благодаря способности к очистке сточных вод от техногенных загрязнений, быстрому размножению и необыкновенно высокой биопродуктивности, большой популярностью пользуются тропические высшие водные растения Eichornia vulgaris и Pistia stratiotes.

В течение 5 лет станция юных натуралистов сотрудничает с Управлением охраны природной среды ЕВРАЗ НТМК по биореабилитации прудка-осветителя. С этой целью в лабораториях станции выращиваются Eichornia vulgaris и Pistia stratiotes для дальнейшего внедрения в биоценоз прудка-осветлителя ЕВРАЗ НТМК в весенне-осенний период. За данный период времени изучены условия выращивания этих растений в лаборатории. Выращенные на СЮН растения высаживаются на прудок-осветлитель на реке Вязовке, где они очень быстро размножаются и участвуют в очистке сточных вод от загрязнений.

Опыты, поставленные в лаборатории станции натуралистов, выявили эффективность данных растений, что подтверждено и в производственных условиях. В результате получены обнадеживающие результаты по эффективности применения этих растений для очистки сточных вод НТМК. В свою очередь, ЕВРАЗ НТМК оказывает материальную помощь обучающимся на станции юных натуралистов в организации поездок для участия в Российских конкурсах, где представляются результаты исследований. Эти работы всегда занимают призовые места.

Перспективы для развития исследовательской деятельности существенно увеличиваются при установлении тесных контактов СЮН со школьными образовательными учреждениями, с вузами, научно-исследовательскими институтами. В процессе этих исследований учащиеся включаются в активное социальное, творческое и деловое общение с различными организациями, предприятиями, учреждениями: лабораториями охраны природы различных предприятий, отделом экологии и природопользования Администрации города, экологическим центром Горноуральского городского округа и многих других.

В течение многих лет в организации и проведении научных исследований станция сотрудничает с кафедрой естественно-научного и физико-математического образования Нижне-Тагильского социально-педагогического института (НГСПИ). Под руководством преподавателей института разрабатываются методики исследований, адаптированные для школьников. Некоторые исследования проводятся учащимися совместно со студентами. Неоднократно проводились совместные со студентами полевые практики и экспедиции. В

результате студенты получают навыки общения со школьниками, а учащиеся овладевают приемами исследовательской деятельности. Ежегодно обучающиеся на СЮН совместной со студентами факультета естествознания, математики и информатики, участвуют в региональной научной конференции «Достижения молодых ученых в области естественных наук, математики и информатики» проводимой институтом. Такие контакты способствуют профессиональному, личностному, социальному самоопределению. Доказательством этого является то, что многие учащиеся, занимавшиеся исследовательской работой на станции юных натуралистов, поступают в НТГСПИ и продолжают заниматься научными исследованиями, которые становятся темами их курсовых и дипломных работ. Некоторые из выпускников после окончания института возвращаются на станцию натуралистов в качестве педагогов [2].

В течение 18 лет станция юных натуралистов участвует в областном проекте «Родники», привлекая к этой работе дошкольные и общеобразовательные учреждений города, учреждения дополнительного образования и детско-юношеские формирования, для которых проводится конкурс на лучшую реализацию мероприятий по использованию, охране и обустройству источников нецентрализованного водоснабжения. В реализации этого проекта принимают участие около 6 тысяч человек. Подготовлены рекомендации для жителей города по использованию воды из источников нецентрализованного водоснабжения.

Станция юных натуралистов работает в тесном контакте с Природным парком «Река Чусовая», участвуя в реализации совместного проекта по сохранению биоразнообразия на территории Свердловской области. Учащимися проводится исследования по выявлению и изучению экологического состояния редких растений на территории Природного парка, заложены мониторинговые площадки, организуются экспедиции по комплексному изучению экосистемы Бездонного озера. Длительное время изучалась фауна беспозвоночных животных реки Чусовая, разнообразие и распространении околоводных и погруженноводных растений. Методом биоиндикации установлен класс качества вод на разных участках реки от пос. Косой Брод до села Усть-Утка. Отмечено сильное техногенное влияние на водную растительность и фауну беспозвоночных животных в районе городов и поселков, размещенных в верховьях реки. Аппликационным методом изучены процессы самоочищения на указанном протяжении реки.

Изучаются проблемы загрязнения реки Чусовой твердыми бытовыми отходами. Проводятся экспедиции и рейды по очистке реки от ТБО, высадке деревьев и кустарников на территории Природного парка, проводится просветительская работа с туристами.

Воспитанники станции, занимающиеся изучением моллюсков реки Чусовой и водных экосистем города Нижнего Тагила, передали свои сборы в фонд музея института экологии растений и животных УрО РАН. В свою очередь, малакологи института помогли учащимся в определении моллюсков, на основании чего установлен таксономический состав моллюсков малых рек города Нижнего Тагила и реки Чусовой. Некоторые материалы наших сборов использованы учеными института при написании монографии по моллюскам Урала [3].

Результаты исследований и рекомендации передаются в соответствующие организации, озвучиваются в средствах массовой информации, публикуются в научных сборниках, докладываются на экологическом сборе «Зеленая волна», городской и областной научно-практических конференциях, конкурсе «Юные исследователи природы», областном экологическом форуме, а так же на конференциях и конкурсах Российского уровня:

В течение пятнадцати лет юные исследователи СЮН участвуют в Российском национальном конкурсе водных проектов старшеклассников и становятся его дипломантами и призерами. С 2004 г. учащиеся успешно участвуют во Всероссийском конкурсе учебно-исследовательских экологических проектов «Человек на Земле», большая часть проектов завоевала 7-ю - высшую ступень. Один из них, кроме того, был оставлен на вечное хранение в Политехническом музее в Москве, другой – награжден дипломом музея антропологии и этнографии им. Миклухо-Маклая. В 2009 г. станция юных натуралистов представляла доклад об экологическом состоянии и охране малых рек региона на Международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность государств-членов ШОС-2009».

Ежегодно десятки работ учащихся публикуются в сборниках тезисов конференций как регионального, так и российского уровней.

По результатам исследовательских работ, 10 учащихся отмечены премией Президента Российской Федерации по поддержке талантливой молодежи, 8 детей стали лауреатами премии Губернатора Свердловской области.

В результате учащиеся ощущают востребованность своей творческой деятельности, которая многогранно раскрывает возможности личностно-значимой социальной сопричастности, социального сотворчества в решении тех или иных проблем.

Таким образом, исследовательская деятельность на станции юных натуралистов по изучению экологического состояния водных экосистем многообразна, имеет практическое значение и способствует воспитанию экологической культуры населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Застольская Л.И.* Экологическое направление в исследовательской деятельности учащихся на станции юных натуралистов // Вода – источник жизни на земле: мат-лы межрегиональной научной экологической конференции, 23-26 марта 2011 г. СПб. 2011. С. 252–254.
2. *Застольская Л.И.* Из опыта станции юных натуралистов в Нижнем Тагиле /Л.И.Застольская // Сб. тезисов IV Всероссийской конференция учителей «Проектная деятельность в школе: мотивация, содержание, методики», 2–7 марта 2017 г., Сочи, 2017. С. 293–295.
3. Моллюски Урала и прилегающих территорий. Семейства Acroloxidae, Physidae, Planorbidae, Ч.2/И.М. Хохуткин, М.В. Винарский / под ред. И.А. Васильевой. Екатеринбург: Гощитский, 2013. 184с.

УДК 371.3

РАЗВИТИЕ ЛИЧНОСТИ РЕБЕНКА СРЕДСТВАМИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ «БИОИНДИКАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г.НИЖНИЙ ТАГИЛ»)

Зиннатова Э.Р.
МАУ ДО «Городская станция юных натуралистов, г. Нижний Тагил, Россия
Семенова О.В.
МБОУ Средняя общеобразовательная школа № 75/42, г. Нижний Тагил, Россия
zoologntt@yandex.ru

Ключевые слова: учебно-исследовательская деятельность школьников, проектная деятельность, биоиндикация водных объектов.

Учебно-исследовательская деятельность обучающихся расширяет круг интересов, всесторонне развивает и воспитывает ответственного, социально активного профессионально-ориентированного гражданина.

DEVELOPMENT OF A CHILD'S INTEGRITY BY THE MEANS OF EDUCATIONAL/RESEARCH ACTIVITIES (FROM THE EXPERIENCE OF «BIOINDICATION OF NIZHNIY TAGIL WATER BODIES» PROJECT)

Zinnatova E.R.
City Station for Young Naturalists, Nizhny Tagil, Russia
Semenova O.V.
Municipal budgetary educational institution secondary school No. 75/42,
Nizhny Tagil, Russia
zoologntt@yandex.ru

Key words: educational and research activities of schoolchildren, design activities, bio/indication of water bodies.

The educational and research activities of students expand their child's interests, comprehensively develop and educate a responsible, socially active professionally oriented citizen.

Согласно ФГОС 2012 г. перед педагогами ставится задача формирования у обучающихся личностных, метапредметных и предметных результатов. Оценка метапредметных результатов осуществляется путем защиты итогового индивидуального проекта, выполняемого школьником в рамках одного или нескольких учебных предметов и позволяющего продемонстрировать свои успехи и достижения.

Работа учащихся над учебно-исследовательским проектом позволяет решить связанные воедино образовательные, развивающие и воспитательные задачи. В первую очередь, это расширение кругозора учащихся путем формирования знаний об основных объектах живой и неживой природы, с которыми ребята встречаются в повседневной жизни. Во-вторых, это активизация мыслительной деятельности (развитие навыков целеполагания и анализа, обобщение и камеральная обработка материала, формулировка выводов) и приобретение умений и навыков работы на лабораторном оборудовании. В-третьих, подготовка учащихся к практическому использованию получаемых знаний и ранняя профориентация. Ну и, конечно, сам процесс работы над темой, направленной на изучение объектов живой природы, способствует формированию экологической культуры обучающихся.

Одним из направлений, выбранных для выполнения исследовательского проекта, стало изучение состояния рекреационно используемых водоемов окрестностей Нижнего Тагила. В качестве таких водоемов рассматривали три пруда, используемых как для отдыха, так и для забора воды в системы питьевого водоснабжения города. Тема проекта была

предложена самими учащимися, так как состояние Черноисточинского пруда, осуществляющего водоснабжение большей части населения Тагила, стало просто катастрофическим – вода покрылась синей пленкой, стала умирать рыба, у берега постоянно чувствовался неприятный запах. Совместно с учащимися был выбран и объект наблюдений – сине-зеленые водоросли, которые и послужили причиной изменения состояния водоема. Отбор проб, определение водорослей, их изучение с помощью микроскопа, анализ полученных данных был крайне интересен школьникам, так как касался их непосредственно. Таким образом, все обсуждаемые ранее аспекты, были реализованы уже в процессе выполнения проекта. Кроме того, не стоит забывать о представлении проекта, так как этот процесс предполагает грамотное оформление материала, что обычно достаточно трудно для современного школьника; выполнение презентации, защиту материала и умение грамотно и четко отвечать на задаваемые вопросы.

Работа над проектом подобного типа может быть достаточно долгосрочной, так как в качестве объекта изучения могут быть использованы и беспозвоночные животные, и высшие растения, и различные химические компоненты воды. Если работа проводиться в течение ряда лет, то ее можно рассматривать, как мониторинговую, используя приемы статистической обработки данных. Интересной составляющей работы может быть и предложенный самим ребенком план по решению рассматриваемой в работе экологической проблемы.

Таким образом, комплексное изучение водоемов формирует у учащихся не только представления о свойствах и признаках объектов живой и неживой природы, но и формируется деятельностное отношение к окружающей среде (природной и социальной). Участие школьников в проектно-исследовательской деятельности решает и ряд коррекционных задач: развитие речи в единстве с непосредственными наблюдениями изучаемых объектов и явлений; приобретаемые знания способствуют формированию бережного отношения учащихся к окружающей их природе, безопасного для себя и окружающей среды поведения; обогащение жизненного опыта путем организации наблюдений и применение полученных знаний на практике.

Вышеизложенный материал подтверждает, что учебно-исследовательская деятельность действительно расширяет интересы ребенка, всесторонне развивает его и воспитывает ответственного, социально активного гражданина.

УДК 374.3

ПРИВЛЕЧЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОСТИ И ОБУЧАЮЩИХСЯ К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО СОХРАНЕНИЮ И ИЗУЧЕНИЮ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА С ООПТ. ЭКСПЕДИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Казакова Л.С., Мартыненко Т.Л., Головнина Т.В., Юлдашева М.А.
МАУ ДО «Городская станция юных натуралистов, г. Нижний Тагил, Россия
lyubkazakova@mail.ru

Ключевые слова: сохранение водных объектов, исследовательская деятельность в ООПТ, походная и экспедиционная деятельность учащихся.

Привлечение общественности к проблемам сохранения и изучения водных объектов будет эффективным, только если эта деятельность будет постоянной и структурированной. А результаты проявятся, если к проблеме водоемов страны будут привлечены обучающиеся, педагоги и ученые, СМИ, в том числе, через исследовательскую и экспедиционную деятельность.

POPULATION AND STUDENT INVOLVMENT INTO WATER BODIES PRESERVATION AND STUDYING. JOINT WORK AND EXPEDITIONS TO WATER BODIES

Kazakova L. S., Martynenko T. L., Golovnin T. V., Yuldashev M. A.
«City Station for Young Naturalists», Nizhny Tagil, Russia
lyubkazakova@mail.ru

Key wordss: conservation of water bodies, research activities in protected areas, touristic and expedition activities of students.

Public involvement in the problems of conservation and study of water bodies will be effective only if this activity is permanent and structured. And the results will appear if the problem of water bodies of the country will involve students, teachers and scientists, the media, including through research and expedition activities.

Современное мировое сообщество за последние несколько лет переосмыслило социально-экономические и духовные ценности, изменило подходы к взаимодействию Человека и Природы. Экологические катастрофы локального и мирового масштаба заставили мыслить глобально и в перспективе. Все это повлияло и на концепцию образования и воспитания нового поколения в нашей стране, ведь именно дети, вырастая, способны изменить будущее отдельно взятой территории и всей Планеты, если их идеи и направления деятельности гуманны и целесообразны относительно сохранения природных ресурсов, а не их разрушения.

Уже более 10 лет на МАУ ДО ГорСЮН города Нижнего Тагила реализуется ряд дополнительных программ, способствующих воспитанию и обучению обучающихся согласно новой социально-экологической формации. «Моя Родина – Урал» – это одна из таких дополнительных общеразвивающих программ. Обучение включает 7 модулей и разделено на 3 основных блока в каждом модуле.

Обучаясь по программе, дети от 7 до 18 лет изучают историю Урала, особенности флоры и фауны родного края, исследуют разнообразие и специфику особо охраняемых природных территорий Свердловской области и Урала в целом. Каждый обучающийся выполняет проект по той или иной экологической тематике, но участвует во всех исследованиях других участников группы, с целью ознакомления с различными методиками и технологиями исследовательской деятельности. Реализуется индивидуальный подход в обучении и, одновременно, четко прослеживаются межпредметные связи в процессе реализации проектов.

Особенность программы «Моя Родина – Урал» в том, что она является ориентированной на практику и большая часть занятий проходит в экспедициях, походах, экскурсиях и мастер-классах в природе непосредственно. Также программа реализуется при поддержке социальных партнеров: Висимский государственный заповедник, Природный парк «Река Чусовая», Природный парк «Оленьи ручьи», Национальный парк «Таганай», специалисты которых проводят занятия на базе своих ООПТ, консультируют обучающихся по вопросам исследовательской деятельности и привлекают к изучению тех вопросов, которые волнуют заповедные территории и без помощи ребят не могут быть решены.

Так, по просьбе природного парка «Река Чусовая» обучающимися МАУ ДО ГорСЮН уже на протяжении 10 лет реализуются следующие исследования:

- проблема твердых коммунальных отходов на реке Чусовой;
- качество родниковой воды в пойме реки Чусовой;
- видовое разнообразие ихтиофауны реки Чусовой.

Природный парк «Оленьи ручьи» поддерживают исследование ребят по теме «Родники и ключи Природного парка «Оленьи ручьи».

Данные исследования не ограничиваются описанием и проведением разовых лабораторных работ. Над сбором материалов для исследования работает активная группа обучающихся от 10 до 20 человек во время ежегодных специально организованных эколого-биологических экспедиций в летний период и частных выездов исследовательской группы в другое время года. Обрабатывает и представляет результаты на конкурсах городского, областного и федерального уровня ответственный за эту работу учащийся, который берет на себя ответственность за оформление материала, его анализ и синтез. Сотрудники особо охраняемых природных территорий сопровождают и консультируют работы на протяжении всех этих лет. Привлечены к исследовательской деятельности ребят по данным темам и сотрудники ВУЗов области.

Ежегодно результаты и отчеты по деятельности, направленной на сохранение и изучение водных объектов публикуются в СМИ области и России, в сборниках материалов научно-практических конференций, размещаются на сайтах образовательных информационных платформ.

Педагоги станции юннатов давно осознали истину, которая состоит в том, что если ребенок (так же как и взрослый) не сделал что-то конкретное сам, своими руками, и не привлек к этой деятельности других, не закрепил полученные знания, передавая опыт другим детям или общественности, то работа проведена зря.

Поэтому в программу включены различные акции, массовые мероприятия, праздники, направленные на привлечение общественности средств массовой информации к проблемам водных объектов области и города. Ребята, под руководством педагогов, самостоятельно планируют, организуют и проводят данные мероприятия.

Так, например, ежегодный праздник «Живи родник» проводится на территории родников «Светлый» и «Богатырский», «Живая капля» в микрорайоне Алтайский и на территории родников «Прохладный» и «Студеный» на Голом камне города Нижний Тагил с 2008 г. Ребята информируют жителей микрорайонов и города в целом о проведении такого мероприятия за несколько дней до назначенной даты. Во время праздника проводятся игры, соревнования, флешмобы, посвященные проблемам водных объектов и их сохранению. Ребята готовят информацию о состоянии родников, качестве воды этих источников, изменениях в составе воды или флоры и фауны территории родников. Обязательно привлекаются представители СМИ города, чтобы информацию о проведении праздника могли узнать все жители города. Благодаря такой работе ребята имеют возможность рассказать о своих исследованиях в неформальной обстановке. А не только на конкурсах перед жюри. А главное, они реализуют свои рекомендации по очистке территории родника, его благоустройству или улучшению качества воды на практике. Ведь после участия в таких праздниках, или после просмотра сюжет о родниках, жители города бережнее относятся к источникам нецентрализованного водоснабжения, уже не оставляют столько мусора на этой территории и, как показала практика, приходят сами на организованные ребятами субботники.

Таким образом, организованная работа по реализации программы «Моя Родина – Урал», при содействии различных специалистов и работников ООПТ Свердловской области и страны, ученых и преподавателей ВУЗов, способствует эффективной деятельности по сохранению и изучению учащимися водных объектов родного края. Исследовательская и эковолонтерская деятельность по изучению и очистке от твердых коммунальных отходов реки Чусовой и родников поймы реки только за прошлые два года позволила обучающимся ДО «Моя Родина – Урал» стать: лауреатами Премии Губернатора Свердловской области; победителями Межрегионального слета юных экологов в Р. Крым (1 место среди 25 территорий); победителями Всероссийского национального юниорского водного конкурса (г. Москва. 2019 – 1 место); победителями Всероссийского конкурса юных исследователей природы (Москва, 2019 – 1 место); победителями Всероссийского конкурса друзей заповедных островов (Р. Карелия, 2019 – 1 место); победителями Всероссийской научной экологической конференции «Вода источник жизни на Земле» (Санкт-Петербург, 2019 – 1 место).

В рамках деятельности по сохранению водных объектов города и области проведено более 15 различных экологических и природоохранных акций, более 10 праздников и флешмобов. Благодаря чему к проблемам малых и больших рек, озер и родников ребята привлекли более 5000 человек из разных слоев населения, которые стали друзьями водоемов и участниками субботников и исследований.

УДК 556.51:37

ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ МАУ ДО ГОРСЮН ГОРОДА НИЖНИЙ ТАГИЛ ПО ВОВЛЕЧЕНИЮ ДЕТЕЙ И УЧАЩИХСЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО СОХРАНЕНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Ларионова А.П.
МАУ ДО «Городская станция юных натуралистов», г. Нижний Тагил, Россия
orgmassnt@yandex.ru

Ключевые слова: обеспечение населения качественной питьевой водой, экологическая реабилитация и восстановление водных объектов, использование и охрана водных объектов, просвещение и информирование населения по вопросам использования и охраны водных объектов, экология воды.

Приведены данные об организованной деятельности педагогов и учащихся по сохранению водных ресурсов в Нижнем Тагиле и пригороде, как способе экологического образования и воспитания, способствующих рациональному водопользованию.

FROM EXPERIENCE OF NIZHNI TAGIL UIA TO CONCERNING CHILDREN AND STUDENTS INVOLVMENT ITO PEDAGOGICALLY ORGANIZED ACTIIONS ON WATER RESOURCES CONSERVATION

Larionova A.P.
Young naturalists station, Niznii Tagil, Russia
orgmassnt@yandex.ru

Key wordss: providing the population with quality drinking water, ecological rehabilitation and restoration of water bodies, use and protection of water bodies, public education and information on the use and protection of water bodies, water ecology.

The data on the organized activities of teachers and students on the conservation of water resources in Nizhny Tagil and the suburbs, as a way of environmental education and education, promoting rational water use.

На протяжении многих лет педагоги станции юных натуралистов города Нижний Тагил вовлекают детей и учащихся города в педагогически организованную деятельность по сохранению водных ресурсов родного края.

Особое место в практике педагогов нашего учреждения отводится природоохранным операциям, которые организуются и проводятся в течение всего календарного года. Природоохранные операции представляют собой комплекс практических, образовательных, воспитательных и пропагандистских мероприятий, направленных на сохранение видового разнообразия и увеличение численности представителей фауны и флоры, способствуют устойчивости естественных и повышению продуктивности искусственных биоценозов. Так, природоохранные операции «Малым рекам полноводность и чистоту», «Поможем реке», «Чистые истоки» проводятся с целью вовлечения учащихся в систематическую и целенаправленную работу по решению проблем, связанных с охраной малых рек и водоемов родного края. В ходе операций под руководством педагогов ребята занимаются благоустройством прибрежных зон водоемов, очищают берега рек от мусора, высаживают древесно-кустарниковые растения для укрепления берегов водоемов, расчищают русла рек, ручьев от завалов. Изучают влияние человека на качество воды в водоемах, проводят комплексные исследования состава воды, определяют температуру, прозрачность, наличие или отсутствие запаха, определяют ph, наличие нитратов, фосфатов, определяют содержание сероводорода, органических примесей, наличие свинца. Проводят метеорологические наблюдения. Ребята собирают сведения о реках города, определяют их место нахождения, определяют размеры: длину, ширину, глубину. Описывают местность нахождения рек, ведут

гидрологические наблюдения, составляют Паспорта. Результаты оформляют в учебно-исследовательские проекты и работы: «Способность реки Тагил к самоочищению через измерение параметров моллюсков-фильтрантов», «Комплексное изучение гидрологического памятника природы «Озера Бездонное», «Таксономическое разнообразие и приуроченность личинок ручейников к биотопам литорали озера «Бездонное», «Очистка сточных вод НТМК с помощью эйхорнии», «Использование хлореллы для альголизации Черноисточинского пруда» и др. Учащиеся занимаются еще и пропагандистской деятельностью – ставят аншлаги, выпускают листовки, плакаты, призывающие к охране водоемов.

Около 10000 учащихся города привлекаются к работе по поиску, очистке и обустройству источников нецентрализованного водоснабжения. В сфере постоянной шефской работы юных экологов в 2018 г. стали 81 источник – 43 родника, 22 шахтных колодца, 16 трубчатых колодца (скважин). Ребята занимались их благоустройством, красили металлические и деревянные сооружения у источников, выращивали рассаду цветочно-декоративных растений и высаживали ее, собирали мусор и постоянно поддерживали чистоту и порядок в зонах санитарной охраны, ремонтировали навесы, углубляли отводные каналы для свободного оттока воды от родников, изготавливали и ремонтировали скамейки возле источников, разбивали и выравнивали дорожки; изготавливали и устанавливали срубы и другие сооружения, укрепляли чаши родников камнями, устанавливали аншлаги.

Видеть многообразие и неповторимость водных объектов помогают многочисленные экскурсии, походы и экспедиции. Педагоги умело совмещают нахождение детей у водоемов с увлекательным, живым рассказом о нем, органично включая в него наиболее яркие литературные произведения местных писателей. Что развивает не только эстетические чувства, но и формирует целостное восприятие того или иного водного объекта, как исторически сложившейся экосистемы, развитие которой оказывается во все большей зависимости от человека. Наблюдения за различными природными водоемами пробуждают и у самих детей желание найти особенные, прекрасные слова, выражать свои впечатления, чувства, эмоции, настроения с помощью художественного слова – экологических сказок, стихотворений, басен, рассказов, изобразительного искусства. Творческие работы наших обучающихся о воде отмечены на конкурсах городского, областного и российского уровней, опубликованы в тематических сборниках, журналах, книгах.

Одним из способов становления компетентности детей в решении экологических проблем водных ресурсов родного края являются природоохранные праздники, посвященные памятным датам: «Волшебница Вода», «Всемирный День Воды», «Чистая вода для здорового мира» и др.

Вовлечение детей города в педагогически организованную деятельность по сохранению водных ресурсов родного края можно рассматривать как один из фундаментальных и эффективных способов экологического образования и воспитания, способствующих рациональному водопользованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нам здесь жить. Екатеринбург: Средне-Уральское книжное издательство, 2008.
2. *Эндюскина А.Н.* Исследование качества воды малых рек и других водоемов. Новочебоксарск. 1997.

УДК 574.2

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ.

Мамонова Е.Е.
МАУ ДО «Городская станция юных натуралистов», г. Тюмень, Россия

Ключевые слова: экологическое образование, исследовательская деятельность, оценка водоемов.

Данная статья содержит информацию о работе городской станции юных натуралистов с исследователями и описание работ по изучению и оценке водоемов с помощью беспозвоночных животных.

ASSESSMENT OF THE WATER BODIES' STATUS WITH INVERTEBRATES

Mamonova E.E.
City Station of Young Naturalists,
Tymen Russia, Russia

Key words: ecology education, research activity, evaluation of reservoirs.

This article contains information about the work of the city station of young naturalists with researchers and a description of the work on the study and evaluation of water bodies with the help of invertebrates.

Актуальность вопроса экологического образования в нашей стране остро стоит не первое десятилетие. К сожалению, пока проблема состояния окружающей среды, загрязнения водоемов не волнует родителей школьников и тех, кто нас окружает, правительство страны, дети никогда не осознают необходимость сохранять природные богатства и чистоту родных городов. В школах, однако, не всегда есть возможность уделять достаточное время эко-просвещению.

В этом случае всегда можно обратиться в учреждения дополнительного образования. На городской станции юных натуралистов Нижнего Тагила в детских объединениях, учащиеся школ имеют возможность лично участвовать в исследовании экологии родного города, практически всех ее направлений, в том числе и экологии водоемов.

В настоящее время, педагоги станции и воспитанники располагают гораздо более широкими возможностями для исследовательской деятельности, которых не было еще несколько лет назад. В нашем распоряжении современная лаборатория, позволяющая осуществлять химический анализ воды, а также несколько микроскопов, для наблюдения и определения мелких, не видимых глазом, объектов. Каждый обучающийся исследовательской группы детского объединения «Экология животных» во время занятий приобретает опыт практической и экспериментальной деятельности.

Первая наша знаковая работа была проделана в 2017 г. с учащимся 7 класса на прудке – осветлителе (иначе говоря – отстойнике) градообразующего предприятия – Нижне-Тагильского металлургического комбината. Тема работы «Беспозвоночные прикорневой зоны эйхорнии» была выбрана учащимся самостоятельно, так как на занятиях в детском объединении в предыдущие года у него возник интерес к микробиологии и зоологии беспозвоночных. На Станции юных натуралистов уже несколько лет занимаются разведением и высадкой растения эйхорнии (водного гиацинта) на отстойнике НТМК (прекрасно себя чувствующего в водоемах со значительной степенью загрязнения и используемого для очистки сточных вод НТМК). Мы провели исследование воды данного водоема после заселения его эйхорнией, а именно – исследование проб воды на предмет присутствия и многообразия беспозвоночных животных. В результате выяснилось, насколько вещества, выделяемые корневой системой растения, способствуют привлечению беспозвоночных, и как следствие очищению воды. На участке водоема, где отсутствует эйхорния, мы не обнаружили ни одного представителя

беспозвоночных. В процессе работы над темой исследователь приобрел навык определять беспозвоночных до семейств, животных – биоиндикаторов чистой и загрязненной воды [1]. Рассматривается целесообразность дальнейшего использования эйхорнии для очищения водоемов-отстойников.

Исследовательские работы подобного типа развивают такие способности учащихся, как практические навыки, навыки математической или статистической обработки данных, позволяют проводить анализ экологических проблем и, даже, моделировать пути их решения.

Учащаяся шестого класса выказала интерес к исследованию воды городского водоема – реки Тагил на предмет разнообразия беспозвоночных, так как вода из отстойника НТМК попадает в реку Вязовку, а уже оттуда – в реку Тагил. Было решено написать первую учебную работу, поставив целью исследование проб воды из реки, и посмотреть, насколько велико разнообразие беспозвоночных. Результат работы оказался ожидаем: очень маленькое разнообразие животных и их количество, что объясняется попаданием в реку промышленных отходов.

Возрастающий интерес обоих воспитанников к изучению загрязненных водоемов и факторов, влияющих на них, послужил мотивацией для дальнейших исследований. После эко-катастрофы на Черноисточинском пруду учащимися было решено изучить другой подобный водоем – Верхневыйский пруд, как важнейший источник питьевой воды, снабжающий водой половину города. Была определена следующая тема: «Экологическая оценка юго-восточного берега Верхневыйского водохранилища».

Целью исследования стало изучение степени чистоты воды, с помощью найденных в прибрежной зоне беспозвоночных, а также уровень влияния рекреационной деятельности человека на юго-восточный берег водоема и воду в целом. Вместе с учащимися нами были найдены беспозвоночные – биоиндикаторы чистой воды, что позволило рассчитать индекс Майера (14, что соответствует III классу качества). Вода Верхневыйского пруда находится в данное время в пределах нормы.

Юго-восточный берег пруда претерпевает куда более серьезные изменения, чем вода. Вследствие многолетней рекреационной деятельности весь берег зарос сорными растениями, а родная лесная растительность практически исчезла [2]. Доминирующие виды растений определены исследователями, которые освоили навык определения растений и статистической обработки данных. Кроме того, следы жизнедеятельности человека повлияли на почву, где жгли костры и ходили люди. Земля стала плотной, в ней присутствуют твердые бытовые отходы, заметно отсутствие почвенных обитателей [3]. Учащимися была высчитана степень зеленого покрытия на стоянках отдыхающих: она составляет всего 58 %. Один из выводов исследовательской работы заключается в том, что засорение юго-восточного берега может привести к уменьшению водного пространства водохранилища. Очевидно влияние рекреационной деятельности человека на водоем.

Данная работа является значимой для понимания школьниками реального состояния экологии родного города, и, хотя комплексные экологические проекты сложнее в выполнении, тем не менее, именно они дают наиболее полную экологическую оценку объекта. Любые уроки и классные часы не заменят практического исследования, ведь лучше увидеть своими глазами, потрогать руками.

Данные исследовательские работы наших воспитанников неоднократно выдвигались на различные конкурсы, городские, региональные, всероссийские научно-практические конференции, и занимали призовые места. В 2019 г. работа о Верхневыйском водохранилище была заслушана на XI Всероссийской научной экологической конференции школьников, студентов и молодежи, посвященной всемирным дням Воды и Земли, в г. Санкт-Петербурге (диплом за I место).

В дальнейшем воспитанники ДО «Экология животных» планируют освоить методику химического анализа воды, что позволит делать более полную экологическую оценку объектам исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С.* Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 219 с.
2. *Петров В.В.* Растительный мир нашей Родины: Кн. для учителя. 2е изд-е. М.: Просвещение, 1991. 207 с
3. *Фридланд В.М., Буяновский Г.А.* Просто земля. Пос. для учащихся. М.: Просвещение, 1977. 143 с.

УДК 502.1:37

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

Репин Ю.В.
академик МАНЭБ, г. Екатеринбург, Россия
Фирсова Р.О.
Уральская Академия медиаций и комплексной безопасности, г. Екатеринбург, Россия
firsova10116@yandex.ru

Ключевые слова: экологическое образование, экологическая культура, экологическая безопасность, экологическое воспитание.

В статье проанализированы этапы и процесс организации экологического образования в России. Рассмотрены вопросы формирования экологической культуры в образовательных организациях.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE ECOLOGICAL EDUCATION DEVELOPMENT IN RUSSIA

Repin Y.A., Firsova R.O.

Key wordss: ecological education, ecological culture, ecological safety, ecological upbringing.

The article analyzes the stages and ecological education process in Russia. It discusses the issues of the ecological culture formation in educational institutions.

Сегодня понятие «безопасность» имеет широкие границы, отметим, что речь идет о безопасности человека, включая экологическую безопасность, связанную с будущим человечества и биосферы.

Человечеству на протяжении тысячелетий известна истина: как человек относится к природе, так и природа относится к нему. Ведь человек и все живое на Земле – неразделимо. В современных условиях чрезвычайно важно сформировать и закрепить в сознании образ экологической культуры, необходимость действий гармонии с окружающей средой. Человек всегда изменял условия своего обитания, воздействуя на природу и, зачастую, крайне пагубно.

Центральной задачей образования является открытие пути к новому экологическому сознанию. Важнейшей должна стать реформа образования, которая на опыте истории всего человечества обеспечит подготовку толерантных и свободных, интеллигентных людей, ценности представления которых позволят устранить кризис противостояния человека и природы, выстроив новое здание совершенной общечеловеческой культуры, сформировать и внедрить новое неосферное сознание.

Несмотря на то, что в России разработана определенная система экологического воспитания, в настоящее время состояние экологического образования не соответствует требованиям времени. Полученные знания о природе, обществе, человеке недостаточны для формирования у молодежи целостного миропонимания и современного научного мировоззрения. В связи с этим низка степень их участия в поиске решений проблем сохранения природы. Государство все еще не обеспечило нормативно-правовую базу в области экологического образования.

В большинстве территорий РФ финансирование экологического образования крайне недостаточно и, как правило, не имеет адресной направленности. Отсутствует должная связь государственных структур и неправительственных организаций по управлению экологическим образованием, просвещением и воспитанием населения.

Развитие экологического образования в России, несомненно, связано с международными трендами. Однако не стоит забывать, что этот процесс зависит от событий, происходящих в стране. Именно поэтому, мы предлагаем рассмотреть основные этапы

развития экологического образования в России, а также обратить внимание на особенности понимания образования в интересах устойчивого развития, которое на международном уровне пришло на смену экологическому образованию.

Как и во многих других странах, в России природоохранная деятельность начала зарождаться в начале 20 века. До этого все сводилось к изучению в школе таких предметов, как Зоология и Ботаника. Наиболее быстрое развитие экологического образования, как на международном уровне, так и в России происходит после Второй Мировой Войны. Именно в это время, впервые международное сообщество начинает обращать внимание на проблемы окружающей природной среды из-за нарастающего антропогенного влияния индустриализации. Именно в 1946 г. появился первый в стране образовательный курс «Охрана природы», который преподавался в МГУ имени М.В. Ломоносова.

В 1960 г. принят Закон «Об охране природы в РСФСР», в котором указывалась необходимость природоохранного просвещения. Статья 18 Закона была названа «Преподавание основ охраны природы в учебных заведениях».

В 1989 г. в Казанском Государственном Университете был создан первый экологический факультет, который оказал значительное влияние на развитие высшего экологического образования, таким образом, наша страна к 1972 г., когда в Стокгольме прошла Первая Международная Конференция ООН по охране окружающей среды, уже имела опыт природоохранной деятельности, в том числе и в области образования и просвещения. В 1972 г. принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», в котором акцентировалось внимание на необходимости «улучшения подготовки учащихся школ, средних специальных и высших учебных заведений в области природоведения и защиты природной среды, подготовку и выпуск в более широких масштабах, высококвалифицированных специалистов этого профиля, способных умело, по-хозяйски вовлекать в дело огромные природные ресурсы».

Однако, главным событием для экологического образования не только в СССР, но и в мире стала конференция по экологическому образованию, проходившая в Тбилиси в 1977 г. На этой конференции Советский Союз вошел в число лидеров по вопросам охраны окружающей среды, за счет активной деятельности представителя Комитета Совета Министров СССР по науке и технике Джермена Гвишиани, который являлся членом Римского клуба. Именно он стал главным организатором Конференции в Тбилиси, на которой были сформулированы основные задачи и методы природоохранного (экологического) образования, остающиеся актуальными и сегодня.

Таким образом, мы видим, что в тот момент Россия шла в ногу с международным сообществом, а иногда даже выступала инициатором международных мероприятий по образованию в области охраны окружающей среды. Несмотря на мощную индустриализацию, проводившуюся в стране, власти обращали внимание на экологическую обстановку и заботились об образовании и просвещении населения по вопросам охраны окружающей среды.

Наиболее быстрыми темпами экологическое образование в нашей стране развивалось в первой половине 90-х годов, когда существующие проблемы обсуждались обществом и сопровождались крупными экологическими протестами. В принятом в 1992 г. Законе «Об образовании» было сказано, что воспитание любви к окружающей природе, является одним из принципов государственной политики в области образования. А принятая в 1993 г. Конституция РФ установила право каждого гражданина на благоприятную окружающую среду и обязанность сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам. Указ Президента №236 от 1994 г. «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития», в качестве одного из важнейших направлений государственной политики обозначил экологическое образование и воспитание.

В результате, в 1995 г. «Экология» как самостоятельный предмет введен в федеральный базисный учебный план и стал обязательным предметом во всех школах России. По всей стране были созданы эколого-биологические центры, где дети могли узнать

больше об окружающем мире и познакомиться с основными принципами бережного отношения к нему.

В 1995 г. начата разработка проекта федеральной целевой программы «Экологическое образование населения России» на период до 2000 г. Однако, министерство финансов России не поддержало данную инициативу и правительство в результате программу не утвердило. В 1997 г. предмет «Экология» был изъят из федерального образовательного плана для средних школ. Это привело к тому, что только в тех регионах, где позволяли возможности этот предмет оставался в учебном плане. Кроме того, сократилось финансирование всех программ и фондов, которые были созданы для разработки и внедрения экологического образования в России.

Из-за подобных административных изменений спад в сфере экологического образования продолжается. Так, с 1997 по 2001 гг. число детских внешкольных учреждений экологической направленности сократилось на 20 %, летних оздоровительных лагерей – на 15 % и почти в два раза сократилось число домов природы и школьных лесничеств. При этом региональные органы управления образования разработали предложения добавить экологические аспекты в самые различные предметы естественнонаучного цикла и отказаться от отдельного самостоятельного предмета «Экология». Все это негативно отразилось на экологическом образовании, привело к недостатку специалистов, которые могли бы интегрировать экологические аспекты в различные учебные предметы. Отмечается, что в последнее десятилетие при отсутствии координирующей роли, внимания и поддержки процессов экологического образования и просвещения со стороны государства, это направление практически размыто и осталось фрагментарным и не обязательным на региональном уровне.

Если рассмотреть, как сейчас реализуется экологическое образование на различных уровнях, то здесь нужно отметить, что для дошкольного образования не было разработано никаких стандартов. Однако, в отдельных образовательных организациях реализуются авторские программы экологического воспитания и просвещения. Специалисты отмечают, что если сравнить современную ситуацию с предыдущим периодом, то придется констатировать, что в настоящее время на дошкольном уровне уделяется недостаточно внимания. Все зависит от личной заинтересованности педагогов и воспитанников.

В школах экологическое образование затрагивается в нескольких официально принятых предметах, таких как «обществознание» и «естествознание» (окружающий мир), а также в естественных и общенаучных предметах. Все они ориентированы на развитие у учащихся экологического мышления, обеспечивающего понимание взаимосвязи между природными, социальными, экологическими и политическими явлениями. В некоторых школах предусмотрена возможность изучения экологии, как самостоятельного предмета по выбору. А в некоторых регионах применяется подход в рамках «Экологизации образования», основанный на разработке и органичном включении в традиционный учебный процесс «экологических» заданий.

В стране продолжают действовать центры дополнительного экологического образования, где дети разных возрастов могут ближе общаться с природой, подробно изучая процессы взаимодействия человека и природы, тем самым формируя экологическое мышление. С 1994 г. продолжает действовать Всероссийская олимпиада школьников по экологии.

Дополнительное образование и внеурочная работа учителей недостаточно обеспечена реально работающими и тиражированными в стране методиками. Учителя ищут и выбирают их на свое усмотрение. Но реальный выбор качественных, методически удачных и подходящих под требования стандартов, материалов, невелик.

«Экологизацию учебных предметов» можно считать достаточно низким уровнем экологического образования.

Однако, мы видим проблему в другом – низком уровне экологической культуры. Для достижения существенных результатов необходима постоянная систематическая разносторонняя деятельность, направленная на формирование экологического сознания и экологической культуры.

На уровне формального образования отсутствие системного подхода, критического мышления и формирования навыков в принятии рациональных решений, которые

основываются не только на аспектах охраны окружающей среды, но и включают в себя социальные и экономические проблемы, может привести к тому, что граждане нашей страны не будут обладать теми навыками и компетенциями, которые требуются для конкурентоспособности на международном рынке. В дальнейшем это будет отражаться и на работе всех отраслей экономики.

Действующее природоохранительное законодательство направлено на обеспечение приоритета охраны жизни и здоровья человека, благоприятных экологических условий жизни, труда и отдыха населения, научно обоснованного сочетания экологических и экономических интересов общества, реально гарантирующих право человека на здоровую и благополучную для жизни окружающую среду.

Экологическая культура есть результат воспитания, который выражается в умении человека достигать гармоничных отношений с окружающим миром и самим собой. В формировании экологической культуры особая роль должна отводиться образованию, суть которого заключается не только в нахождении информации и обогащении знаний, но и в самом процессе формирования мировоззрения, убеждений и взглядов, чувств и алгоритмов поведения.

Иван Дмитриевич Зверев, советский и российский ученый, педагог, академик и вице-президент Академии наук СССР считает, что понятие экологической культуры состоит из следующих компонентов:

– понимание специфики и сложности природных явлений, их взаимосвязи;
– целостность знаний об окружающей среде;
– способность мыслить в границах экологической безопасности;
– следование законам, охраняющих природную среду;
– способность к созданию конструктивных этических положений, регулирующих отношения человека с окружающей средой;
– готовность нести ответственность за сохранность окружающей среды.

В структуре формирования экологической безопасности можно выделить следующие компоненты:

– **когнитивный** (знаниевый) компонент – наличие информации, знания об основных экологических закономерностях, проблемах и задачах;
– **мотивационный** – осознание необходимости и готовности к деятельности, направленной на поддержание экологического равновесия окружающей среды;
– **операционный** – наличие умений, позволяющих действовать экологически целесообразно;
– **социально-деятельностный** – навыки экологически направленной деятельности, практическое использование экологических знаний и умений в повседневной жизни.

НАШЕМУ ГОСУДАРСТВУ НУЖЕН ЭКО-ЧЕЛОВЕК!

Для того чтобы получить такого человека, необходимо иметь в образовательном процессе дошкольного, начального, основного, среднего общего, высшего профессионального образования наличие когнитивного, мотивационного и операционного

компонентов формирования экологической культуры. Только это может позволить говорить об экологической безопасности.

Адаптация экологического образования к устойчивому развитию вынуждает определять отвечающие ему подходы и принципы. Прежде всего, важно подчеркнуть необходимость переориентации всей системы образования на новые ценности.

Происходит вытеснение технически ориентированного мировоззрения экологически ориентированным мировоззрением. Новое мировоззрение усваивается с трудом. Его утверждению мешают не только сложившиеся стереотипы, но и психология потребления природных ресурсов.

Мы дорого платим за вольные и невольные экологические ошибки – не только вчерашние, но и сегодняшние. Можно их исправить или они уже привели к необратимым сдвигам хрупкого равновесия биосистемы внешней среды жизни человечества? Не начался ли уже эффект горного обвала, когда один падающий камень вовлекает в падение десятки других?

Пока ответов нет. Зато есть неутешительные показатели здоровья нации. С каждым годом эта проблема приобретает все большую остроту. Обеспечение экологической безопасности возможно лишь благодаря экологически целесообразной деятельности человека.

Экологическая безопасность – не математика. Ее не учат в специально отведенные часы, не заучивают правила. Но в процессе всего обучения ученики встречаются с экологическим воспитанием каждый день, на многих предметах,в учебной и во внеклассной деятельности школы. В настоящее время мы в образовательной среде не имеем достаточно сбалансированной системы формирования экологической безопасности. Мы не имеем на выходе из общего образования показателя безопасности жизнедеятельности образовательной организации. Все это происходит, потому что в ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» прописано: образовательная организация самостоятельно определяет свою основную образовательную программу. Вот и результат: государство самоустраняется от конкретной задачи подготовки человека к жизни, переложив это на плечи образовательной организации.

В предмете «Основы безопасности жизнедеятельности» экологическая безопасность изучается фрагментарно, хотя предмет ОБЖ является основным предметом в школе. В начальной школе мы встречаемся с экологической безопасностью в «Окружающем мире».

Анализ анкетирования показал, что, в целом, обучающиеся знакомы с основными понятиями экологической безопасности (95 %), понимают роль знаний и умений по экологической безопасности для сохранения здоровья. Следует отметить, что на уроках ОБЖ такие знания получали только 48 % обучающихся, 50 % учеников расширили свое представление об экологической безопасности при подготовке к олимпиаде. И только 2 % получили нужные знания на других уроках.

Экология, как предмет в основной образовательной программе школы значится по выбору.

Вот что получается:

– в начальном общем образовании – нет.
– в основном общем образовании – нет.
– в среднем общем образовании – по выбору или вообще нет, или в ОБЖ.

А с учителями основ безопасности жизнедеятельности – катастрофа. К преподаванию основного предмета допускаются любые специалисты. Педагогические вузы сокращают подготовку таких специалистов, присоединяя ее к другим направлениям: физической культуре, географии и т.д.

Недавно прошедшее общественное обсуждение новых стандартов начального, основного общего образования показало эту проблему и определило основные положения для исправления существующей ситуации.

Время покажет – будет положительный результат или будем также продолжать топтаться на прежнем месте, усугубляя ситуацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон РФ «Об охране окружающей среды», 2012.
2. Постановление Правительства РФ «О мерах по улучшению экологического образования населения», 2012.
3. *Басилана М.А.* Философские проблемы экологической безопасности человечества. Научная мысль Кавказа, 2009.
4. Планета Земля – наш общий дом: сб. информационно-методических материалов экологического просветительского марафона, 20 марта – 5 июня 2011 г. Ярославль, 2011.
5. Пути и методы решения проблемы формирования культуры природолюбия у подрастающего поколения и взрослого населения: сборник материалов / Совет Федерации Федерального собрания РФ, Комитет Совета Федерации по науке, культуре, образованию, здравоохранению и экологии. Москва: Изд-е Совета Федерации, 2005 г. 101 с.
6. Экология. Культура. Образование. Из опыта работы творческой лаборатории. Вологда, 2010. 150 с.

УДК 374.3

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГОРОДСКОГО ДЕТСКОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ПО ВОСПИТАНИЮ БЕРЕЖНОГО ОТНОШЕНИЯ К ВОДНЫМ РЕСУРСАМ С УЧАЩИМИСЯ ЕКАТЕРИНБУРГА

Силина В.М.
eco-gdec@mail.ru

Городской детский экологический центр г. Екатеринбурга с первых лет своего становления является активным участником Международного симпозиума-выставки «Чистая вода России», всегда являющимся большим событием в городе Екатеринбурге, которое организует и проводит по широкой программе РОСНИИВХ.

Городской детский экологический центр в своей деятельности с учащимися воспитывает бережное отношение к природе и к водным ресурсам через многочисленные мероприятия с учащимися города Екатеринбурга **в области экологического образования** и обучает **960** учащихся на базе Центра и образовательных площадках города. Вместе с развитием сегодняшнего конкурса «Чистая вода России» растет и развивается Городской детский экологический центр.

Для формирования ключевых компетенций учащихся педагогический коллектив Экологического центра **развивает уникальный учебный комплекс** включающий **три фундаментальных образовательных объекта**: *оранжерею* с коллекцией экзотических комнатных растений со всего мира (свыше 200 видов и 600 экземпляров), *Аквазоолабораторию (также с экзотами), гидробиологический модуль, Сенсорный детский экологический* сад на прилегающей территории старинного Харитоновского парка, который является **полевым исследовательским тренажером.**

В своей деятельности ГДЭЦ ориентируется на цели и задачи не только в *контексте модернизации образования в России, но и в***ыполняет Муниципальный заказ г. Екатеринбурга** в соответствии со:

- **Стратегическим планом развития**, разработанным в нашем г. Екатеринбурге и являющимся его отличительной особенностью, которой Екатеринбург отличается от других городов России;
- **Муниципальной программой «Экология и охрана окружающей среды** в муниципальном образовании «город Екатеринбург» на 2017 – 2020 годы по теме: **«Реализация проектов по экологическому образованию и воспитанию детей».**
- Сотрудничая со многими учреждениями, Городской детский экологический центр определяет **свою миссию:**

объединить научные, профессиональные и общественные силы города для формирования экологической культуры юных горожан и жителей города.

Заложенная при создании Городского детского экологического центра цель: активизировать работу с учащимися города выполняется и *видна по динамике от 3000 в 2004г. до* 10000 учащихся 2017г. (столбчатая диаграмма).

Работая в инновационном режиме, с первых дней создания мы охватывали (вовлекали) учащихся различными формами и экологическими событиями, многие из которых проводились впервые. В каждом мероприятии мы уделяем должное внимание значению воды, исследовательской деятельности ее качества, заслушиванию проектов, посвященных уральским рекам, озерам, родникам.

В связи со сложностями, связанными, прежде всего **с отсутствием предмета «Экология»** в новых федеральных государственных образовательных стандартах, **роль дополнительного экологического образования возрастает и приобретает все более важное значение, как инструмент для расширения экологических компетенций учащихся.**

В данном процессе Городской детский экологический центр принимает самое активное участие, развивая курс на интеграцию, взаимодействие *со всеми типами и видами образовательных учреждени*й г. Екатеринбурга и России.

Выступая **как ресурсный центр** *по экологическому образованию учащихся Городской детский экологический центр реализует* **целевую программу «Экологический стиль жизни».**

В своей деятельности используем как традиционные, хорошо знакомые подходы, так и новые, которые требуют **инновационного творчества** в социально-экономических условиях современного этапа, помогаем развитию личности учащегося, **повышению социальной активности молодого поколения.**

В своей работе стараемся предоставить, обеспечить учащимся условия для этого и проявления социальной активности на всех уровнях коммуникаций.

На уровне России Городской детский экологический центр взаимодействует *с **Общественной палатой Российской Федерации***, оргкомитетом конкурса «Мой проект – моей стране», *Фондом имени В.И. Вернадского*.

Совместные проекты есть с МОДИ **«Исследователь»** (Москва). Являясь членами общественного движения творческих педагогов, обеспечиваем организацию и проведение Свердловской регионального тура юношеских чтений им. ВИ Вернадского.

На уровне региона взаимодействуем и привлекаем научный потенциал 8-и ВУЗов, академических организаций, 5 НИИ, заповедников и ООПТ, сотрудничаем с ИРО, транслируя опыт своей деятельности педагогам области.

На уровне города во взаимодействие включились свыше **154-и** образовательных учреждения города Екатеринбурга., что позволило нам назвать свою систему взаимодействия «Вселенная экологии» в центре с ГДЭЦ

В настоящее время сложилась система экологических мероприятий с юными горожанами. Городской детский экологический центр проводит с учащимися Екатеринбурга свыше **20** экологических мероприятий **по различным направлениям:**

Интеллектуальные, творческие, практико-ориентированные, социально-значимые. Все направления актуальны и важны.

Одним из лучших среди практико-ориентированных стал конкурс **«Родники»,** широко известный в городе и Свердловской области**.** Многолетнюю работу по сохранению, обустройству родников ведут **32 экологических отряда нашего города**. Для юных «родниковцев» нашего города это многотрудная работа, так как родники находятся далеко за городской чертой. Каждое посещение родника это большой поход, во время которого ребята проводят полезную деятельность по окраске срубов, крыш и навесов, садят цветы, развешивают скворечники, доставляют воду ветеранам и пожилым людям.

Обязательным правилом в этой работе является проверка и изучение качества родниковой воды. В связи с этим ГДЭЦ взял на себя обязательства помогать участникам проекта исследовать воду. К сожалению, родниковую воду достает антропогенное влияние мегаполиса, она отличается большим количеством солей, повышенной жесткостью, присутствием нитритов и других примесей. Очень часто родниковая воды бывает токсична, если взять результаты биотестирования, полученные в ГДЭЦ на полевом фитотестере (приобретенном на кафедре экотоксикологии Красноярского института) с тест-объектом хлореллой. Радует то, что все же родниковая вода очень редко содержит в себе хлор, обогащена полезными фитонцидами хвои поэтому активно используется населением мегаполиса..

Самым востребованным среди творческих проектов стал конкурс **«Чистая вода России»** в рамках Международного симпозиума-Выставки. В последние годы участники стали представлять более интересные конкурсные материалы с инновационными плакатами в 3Д формате, действующими моделями гидротехнических сооружений, аналитику по итогам масштабного соцопроса (свыше 11600 учащихся школ города) по теме «Какую воду мы пьем». Опрос показывает, что люди стали уделять больше внимания качеству воды: не только используют кипяченную воду, больше стали заказывать бутылированную воду , готовить целебные фитонапитки.

Мероприятия в рамках целевой программы постоянно обновляются, разрабатываются новые, рассчитанные **на масштабный характер их реализации**. В Год Экологии в Росси мы взяли на себя повышенные обязательства. Подняли город на масштабную научно-практическую конференцию: **«Инновации в экологическом образовании: современная практика и векторы развития»,** в которой приняли участие **350** чел. представителей педагогической общественности образовательных учреждений, педагогов.

На конференции стартовал социально-значимый дистанционный экомарафон с символическим названием «**Экология – вперед!» с беспрецедентным количеством (20) с двадцатью конкурсными номинациями**, предоставляющими широкое поле деятельности учащимся, педагогам и родителям под девизом: **«В Год экологии в России объединяем свои силы»**. Марафон состоялся. В нем приняло участие 5100 учащихся, 250 педагогов из 93 ОУ. Лучшие проекты участников экомарафона вошли в красочный альбом под названием **«Вселенная экологии в г. Екатеринбурге»** для тиражирования опыта.

Городским детским экологическим центром инициирован и проведен новый городской **конкурс социально-значимых проектов по развитию гражданских инициатив «Мой проект – моему городу!»,** посвященный Году добровольца (волонтера) и 295-летнему юбилею г. Екатеринбурга под девизом: ***«Для тех, кто не равнодушен! Делами своими городу - нужен!».***

Большое внимание уделяется развитию интеллектуального направления и исследовательской деятельности учащихся. Большое развитие получили сетевые исследовательские проекты. Проект **«Экологическая паутинка»,** это проект, в котором учащиеся создали **ученическую сеть мониторинга** окружающей среды г. Екатеринбурга. Проект отличается особенностями: актуальностью идеи, широким горизонтальным характером участия ОУ по типу сетевого проекта, символикой (девизами, алгоритмом действий), **корпоративным использованием экологического оборудования,** , работой на единый конечный результат – выявление реального экологического состояния окружающей среды в социумах ОУ и ее улучшения). Проект не имеет аналогов в России: 32 эко-поста, 37 педагогов, 29 методов исследования, 383 участника ежегодно, Разработана Педагогическая технология сетевого проекта. Много времени в проекте «Паутинка» отводится исследованиям воды, которые совместно проводятся на единых лабораторных сетевых практикумах. В этом 2019году отмечается 15-и летний **Юбилей проекта** «Экологическая паутинка».

На организацию индивидуальной исследовательской деятельности направлен городской проект Городская **«Школа летних исследований» («ЛИС»)** участники которого изучают особенности экологии разных групп животных в урбанизированных биотопах Екатеринбурга. Все этапы Школы выстроены в соответствии с формированием компетенций обучающихся в области учебно-исследовательской и проектной деятельности. Достижение поставленной цели неоднократно подтверждалось на самом высоком уровне: **8 раз учащиеся были награждены Премией Президента РФ.**

Наиболее значимыми для развития исследовательской деятельности стали 2014, 2016,2019 годы, когда наш Центр впервые организовал и провел Первый Второй и Третий Всероссийские открытые конкурсы юных исследователей окружающей среды городов России **«Экологический поиск».**

Наши конкурсы отличались интенсивной информационной программой, широким представительством участников из субъектов Российской Федерации: **302работы**, **70 территорий, 16 субъектов РФ, 160 участников очного этапа**.

Каждый год на все вышеперечисленные конкурсы представляются работы на секцию «Экология водоемов», рассматриваются экспертами ведущих институтов города, приглашаемых ГДЭЦ в рамках одного из наших проектов «Научный потенциал – детям!».

Самые лучшие проекты, направленные на бережное отношение к воде и водным ресурсам неоднократно и успешно продвигаются нами на Всероссийские конкурсы в Москву на условиях победителей регионального тура.

На наш взгляд, в городе Екатеринбурге за прошедшие 10-15 лет можно констатировать изменения в лучшую сторону в менталитете людей, молодежи, учащихся

Екатеринбурга в отношении к культуре водопользования, значимости сохранения чистых источников воды, обустройству родников.

Несомненно, большой вклад в эту работу с подрастающим поколением вносят в Екатеринбурге – Комитет по экологии и природопользованию Администрации города Екатеринбурга лично Мурзина Екатерина Александровна, председатель Комитета, Савина Татьяна Викторовна, заместитель председателя Комитета, Жданюк Ирина Михайловна, главный специалист МБУ «Инспекция охраны окружающей среды города Екатеринбурга», Конева Полина Михайловна, ведущий специалист. В Свердловской области, это без сомнения, Российский научно-исследовательский институт водного хозяйства (РОСНИИВХ), под многолетним инициативным руководством Прохоровой Надежды Борисовны, предпринимающей много усилий для объединения лучших профессиональных учреждений России для решения проблем сохранения водных ресурсов.

И главный успех деятельности вышеперечисленных организаций в том, что они решают жизненно-важные вопросы культуры водопотребления неразрывно и вместе с подрастающим поколением юных россиян.

УДК 374.3

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ, КУЛЬТУРЫ И БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ

Яковлева А.В.
ГАНОУ СО «Дворец молодежи», Екатеринбург, Россия
jakovleva@irc66.ru

Ключевые слова: экологическое образование, экологическая культура, экология, образование.

Процесс формирования экологической культуры невозможен без всеобщего комплексного экологического образования. Усиливается роль дополнительного образования детей. В статье представлен опыт работы отделения экологического образования ГАНОУ СО «Дворец молодежи» в период с 2016 по 2018 гг.

THE ROLE OF ECOLOGICAL EDUCATION IN FORMATION OF ECOLOGICAL OUTLOOK, CULTURE AND SAFE ENVIRONMENT

Yakovleva A.V.
«Palace of Youth», Yekaterinburg, Russia
jakovleva@irc66.ru

Key words: environmental education, environmental culture, ecology, education.

The process of forming an environmental culture is impossible without a comprehensive integrated environmental education. The role of additional education of children is growing. The article presents the experience of the Department of Environmental Education «Youth Palace» in the period from 2016 to 2018.

С каждым годом тема сохранения окружающей среды, преодоления глобального экологического кризиса становится все более актуальной. Экология как система научных и учебных дисциплин должна стать одним из главных компонентов содержания образования в XXI веке. Экология это не просто наука, это образ мышления, поведения. Она проникает во все направления жизни современного человека, начиная от экологии дома и до глобальной экологии биосферы.

На сегодняшний день Свердловская область является одним из ведущих промышленных регионов страны. Каждый житель региона заинтересован в благоприятной экологической обстановке, а она невозможна без личного участия каждого, без формирования экологической культуры общества.

Процесс формирования экологической культуры невозможен без всеобщего комплексного экологического образования. Об этом было сказано в федеральном законе об охране окружающей среды. С января 2002 г. законодательно установлено всеобщее обязательное экологическое воспитание и образование подрастающего поколения, учащейся молодежи и экологическое просвещение всего населения Российской Федерации. В 2010 г. была разработана Концепция общего экологического образования.

Изменения в образовании неразрывно связаны с внешними изменениями. Итогом общего образования наряду со знаниями, умениями, навыками, как базой функциональной грамотности выпускников школ, должны стать функциональные качества: ответственность, коммуникабельность, креативность.

В связи с этим усиливается роль дополнительного образования детей. Из системы, ориентированной на организацию занятости детей по интересам, дополнительное

образование трансформируется в систему дополнительно необходимого образования, для формирования функционально необходимых качеств личности.

Ведущим учреждением системы дополнительного образования в Свердловской области является Государственное автономное нетиповое образовательное учреждение Свердловской области «Дворец молодежи» (далее – ГАНОУ СО «Дворец молодежи»). В соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации в 2015 г. ГАНОУ СО «Дворец молодежи» присвоен статус федеральной инновационной площадки.

Отделение экологического образования ГАНОУ СО «Дворец молодежи» (далее – Отделение) имеет почти 80-летнюю историю, неразрывно связанную с «зеленым» образованием, культурой и стилем жизни. Изначально Отделение было Свердловской областной станцией юных натуралистов, образованной 15 декабря 1940 г. В период Великой отечественной войны школьники занимались выращиванием овощей, плодов и ягод, которые шли на заводы, в тыл. В 1995 г. станция юных натуралистов вошла в состав ГАНОУ СО «Дворец молодежи», тогда он носил название Объединение «Дворец молодежи».

На сегодняшний день Отделение – это инновационная образовательная площадка для детей от 3 до 17 лет. Лаборатории и учебные классы оснащены высокотехнологичным оборудованием. На территории находятся учебно-опытный участок для ведения исследовательской деятельности (площадь – 1,2 гектара), теплицы круглогодичного использования, контактный зоопарк, зал аквариумистики, где представлены обитатели пресных и морских вод, зимний сад с коллекцией тропических и субтропических растений. мест. В Отделение реализуется более 20 обучающих программ естественнонаучного профиля. В процессе обучения школьники работают над индивидуальными и командными проектами, представляют свои разработки экспертам на мероприятиях регионального и российского уровня. Ежегодно проходят обучение 800 детей.

Помимо реализации образовательных программ Отделение занимается организацией и проведением областных отчетных проектов, таких как Экологический форум, Слет юннатов. На этих мероприятиях образовательные организации области и города представляют на выставочных экспозициях результаты своей работы по развитию экологического образования за год, делятся опытом, общаются с экспертами. Отделение проводит защиты проектов школьников, проект Первые шаги в науке, Инженер планеты. В рамках реализации Областной лесной, экологической и агроинженерной школ участники проходят годичный курс обучения по соответствующему профилю, в течении обучения они решают выбранный кейс и в конце года представляют результаты на открытой конференции. В 2019 г. обучение в рамках школ прошли 130 школьников области. Уникальный опыт полевых практик школьники могут получить при участии в Областном летнем экологическом лагере. Также, Отделение проводит обучающие семинары для педагогов и руководителей образовательных организаций региона.

В соответствии с количественными данными за последние три года наблюдается интересная динамика в увеличении количества школьников в мероприятиях экологической направленности областного и всероссийского уровней, а также в изменении учреждений участников. Данные представлены в табл. 1.

Табл. 1. Количественные показатели участников мероприятий экологической направленности областного и всероссийского уровней с 2016 по 2018 гг.

Год	2016	2017	2018
Количество участников/их них школьники области, чел.	4112/4000	4096/4054	5157/4746
Количество общеобразовательных учреждений, шт.	14	19	26
Количество учреждений дополнительного образования, шт.	16	11	5

Таким образом, в течении 2016–2018 гг. участниками мероприятий, проводимых Отделением, стали 55 муниципальных образования региона. Согласно данным таблицы за три года мы наблюдаем снижение активности участия учреждений дополнительного образования и увеличение числа общеобразовательных учреждений. Такая тенденция может быть связана, во-первых, с введением обязательной проектной деятельности в школах, что повышает интерес к проектным мероприятиям различного уровня. Во-вторых, потерей контингента 9 и 11 классов в дополнительном образовании, что обусловлено подготовкой школьников к государственным экзаменам. В-третьих, негативная тенденция к снижению государственного финансирования на местах, что влечет за собой отсутствие необходимой материально-технической базы для проектной деятельности, возможности оплаты командировочных расходов школьников и педагогов для участия в мероприятиях. В-четвертых, смена педагогических составов, которые готовят обучающихся к проектным мероприятиям.

Однако, несмотря на смену доли участия дополнительного образования в мероприятиях экологической направленности учреждениями общего образования, наблюдается увеличение общего количества участников. Это говорит нам об увеличении интереса к экологической деятельности у школьников в целом.

Организация качественного образовательного процесса, реализации проектов и мероприятий возможна при активном участии социальных партнеров. Отделение сотрудничает с Федеральным эколого-биологическим центром и является региональным оператором его проектов. Ведет активную совместную работу с Уральским государственным лесотехническим университетом и Уральским государственным аграрным университетом в рамках соглашений о сотрудничестве. Преподаватели вузов являются экспертами на мероприятиях Отделения, вузы предоставляют площадки проведения для школьников экскурсий, открытых и практических занятий. Отделение, в свою очередь, является площадкой для проведения экскурсий и практик студентов.

Ежегодно обучающиеся и сотрудники участвуют в акции «Всероссийский день посадки леса», «Чистые игры», а также сами организуют и проводят субботники и акции по посадке деревьев.

Активную роль в осуществлении деятельности Отделения играет Уральский государственный педагогический университет, Уральский государственный колледж, Речевой центр Екатеринбург, школы и детские сады города.

Реализация массовых мероприятий и акций проходит при поддержке Департамента лесного хозяйства по Уральскому федеральному округу, Дирекции лесных парков, Екатеринбургского лесничества, Главное управление МЧС России по Свердловской области.

Таким образом, в Свердловской области за последние несколько лет развитие экологического образования поднялось на новый уровень, появилась развитая сеть социального партнерства с промышленными предприятиями, ведущими вузами региона и образовательными организациями, реализуются приоритетные проекты регионального и федерального уровня.

ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ОБЩЕСТВО, ТЕХНОЛОГИИ, ИССЛЕДОВАНИЯ

WATER SAFETY: SOCIETY, TECHNIQUES, RESEARCHES

УДК 574.587:574.52

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗООБЕНТОСА ОТ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Бичевина К.В.
ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», г. Чита, Россия
pleasurebk.ru@yandex

Ключевые слова: зообентос, ранжирование, гидрологические, гидрохимические и гидробиологические показатели.

В работе приведены сведения об установлении корреляционных связей между гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими параметрами водного объекта. В процессе работы проведено ранжирование рядов данных и их статистический анализ. В результате исследования отмечено влияние глубины, температуры и аллюминия на бентосные организмы.

DETERMINATION OF DEPENDENCE OF QUANTITATIVE PARAMETERS OF THE ZOOBENTHOS FROM ABIOTIC ENVIRONMENTAL FACTORS

Bichevina K.V.
Transbaikal State University, Chita, Russia
pleasurebk.ru@yandex

Key words: zoobenthos, ranking, hydrological, hydrochemical and hydrobiological indicators.

The paper provides information on the establishment of correlations between the hydrological, hydrochemical and hydrobiological parameters of a water body. In the process, the ranking of data series and their statistical analysis was carried out. Because of the study, the effect of depth, temperature and aluminum on benthic organisms was noted.

ВВЕДЕНИЕ

Динамика изменения параметров водной среды, обусловленное внутренними процессами, оказывает влияние на пространственную неоднородность и временную изменчивость гидробиологических характеристик водных объектов. Изучение этой изменчивости в настоящее время приобретает все большее значение при экологических исследованиях, так как водный биотоп является средой обитания гидробионтов, влияет на устойчивость и динамику сложившихся биоценозов и во многом определяет качество водного объекта.

Среди множества морфометрических, гидрохимических и гидрологических параметров среды, оказывающих влияние на видовой состав, трофическую структуру и распределение сообществ гидробионтов, приоритетное значение имеют скорость течения, ширина и глубина реки, температура воды, наличие минеральных веществ. Согласно теории речного континуума эти характеристики водотоков закономерно изменяются от участков верхнего к участкам нижнего течения и устьевой области. Так, от истока к устью закономерно снижается скорость течения и увеличивается температура воды, ширина и глубина русла [8, 12].

Гидрологический режим рек и реакция гидробионтов на его колебания изменяются с некоторой закономерной периодичностью. Но случаются вегетационные периоды с режимом, выходящим за рамки средних колебаний. Чаще всего это связано либо с сокращением атмосферных осадков и высокой температурой воздуха, либо увеличением осадков и повышением стока с водосборной площади водотока, влияющего на температурный режим водного объекта и мутность.

Для крупных водотоков отмечены закономерные изменения, что от верховьев до устья численность, биомасса и видовое разнообразие, например, для зоопланктона

закономерно увеличиваются. Это объясняется как гидрологическими факторами (уменьшением скорости течения), так и биологическими (влиянием фауны пойменных водоемов, притоков, увеличением первичной продукции и степени минерализации органического вещества).

Состав сообществ, обилие популяций макробеспозвоночных в водных объектах из-за достаточно длительного жизненного цикла отражает не только состояние водоема в момент исследования, но и дает представление о средних экологических условиях, существующих в течение длительного времени [11]. По мнению ряда специалистов [2, 5, 14, 15], зообентос, как наиболее долгоживущий и стационарный компонент гидробиоценоза, наиболее четко отражает степень загрязнения, особенно хронического. Наиболее достоверными показателями качества вод являются личинки насекомых (ручейников, поденок, хирономид, веснянок). Они наиболее чувствительны к загрязнению, особенно свободноживущие, без домиков, с жабрами без крышек. В состав зообентоса входят и стойкие к загрязнению организмы – моллюски и олигохеты с большой продолжительностью жизни (до 7 лет).

При оценке загрязнения водных объектов по зообентосу во многих случаях дает надежные результаты использование в качестве индикаторов более крупных таксонов, чем виды. Между оксифильными личинками насекомых и пелофильными олигохетами наблюдается обратная взаимосвязь. Поэтому надежными показателями качества воды является соотношение обилия указанных групп зообентоса к суммарному обилию всех донных животных на единицу площади. Особенно хорошие результаты при этом получаются для малых рек [16].

С помощью организмов зообентоса в последнее время индицируют актуальное в некоторых регионах антропогенное закисление вод. Первым признаком закисления вод является исчезновение из донной фауны бокоплава Gammarus lacustris, моллюсков Lymnaea, Gyraulus и Valvatidae, поденок семейств Baetidae, Caenidae, Metretopidae. Водяные ослики, личинки двукрылых, вислокрылок, стрекоз, поденок Leptophlebidae, веснянок Nemoura, ручейников Phryganeidae, Polycentropidae, жуки Dytiscidae, водяные клопы, малощетинковые черви – частые представители обедненной фауны макрозообентоса в воде с pH ниже 5 [4, 9, 17].

Для определения степени экологического благополучия водотока необходима гидробиологическая информация, имеющая региональный характер и отражающая особенности конкретной территории [3]. Изучение фаунистического состава водных беспозвоночных водных объектов Забайкальского края необходимо для выяснения экологических условий формирования биоценозов и обитания отдельных видов водных организмов для региона.

В настоящее время для рек Забайкальского края практически отсутствуют интеграционные работы, где исследования гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров являлись бы основой для понимания механизмов возникновения и поддержания пространственных неоднородностей, а также прогнозирования и управления состоянием качества водного объекта. Основное количество работ посвящено изменению динамики либо гидрологических, либо гидробиологических параметров водотоков в отдельности. Большую значимость приобретают работы, связанные с установлением качественного состояния водных объектов, которые основаны на изучении количественных характеристик гидробионтов, либо на изменении гидрохимических параметров свойств воды. В целом, современной тенденцией является переход к комплексным исследованиям в рамках конкретного водотока, с целью понимания механизмов и анализа поведения всей экосистемы. Поэтому установление или отсутствия связей между гидрологическими параметрами водотоков и численными характеристиками водных сообществ в условиях Забайкальского края является актуальным.

В качестве объектов исследования послужили гидрологические характеристики, гидрохимические показатели донных отложений и количественные показатели зообентосных организмов р. Аргунь Забайкальского края.

Цель работы – выявление зависимостей между гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими параметрами водного объекта.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

1) проанализировать гидрологические, гидрохимические и гидробиологические материалы по р. Аргунь за 2016–2017 гг.;

2) провести статистическую обработку результатов исследования;

3) проанализировать полученные результаты и выявить зависимости гидробиологических от гидрологических и гидрохимических параметров.

Научная новизна работы заключается в определении зависимостей между гидрологическими, гидрохимическими параметрами и количественными показателями зообентоса на примере р. Аргунь Забайкальского края.

Практическая значимость. Изучение зависимостей гидрологических и гидрохимических параметров водного объекта от количественных параметров бентофауны необходимо для выяснения экологических условий формирования биоценозов и обитания отдельных видов водных организмов для Забайкальского края, для оценки и прогноза состояния природной среды, и ее изменения под влиянием антропогенных воздействий, для расчетов ущербов, использования при разработке нормативных показателей Забайкальского края. Полученная информация может быть использована для констатации изменений водных экосистем и принятия обоснованных решений по сохранению и восстановлению качества поверхностных вод.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Забайкальский край занимает территорию 431,9 тыс. км^2 и занимает Центрально-Азиатский водораздел, разделяющий водосборные бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов. Реки края относятся к трем крупным водным бассейнам: озера Байкал, рек Верхнего Амура и Лены. Наиболее крупными реками являются Аргунь, Шилка, Онон, Ингода, Нерча, Амазар, Чикой, Хилок, Витим, Калар, Чара [18]. Режим рек в целом отражает климатические условия. Особенности климата выражены в холодной продолжительной и малоснежной зиме, теплым и засушливым летом. Средняя годовая температура отрицательная. Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха составляет 42–52 ^{0}С. Продолжительность вегетационного периода – 120–150 дней. Основными источниками питания рек Забайкальского края являются атмосферные осадки и подземные воды. Доля дождевого стока составляет 50–70 % от общего годового стока. На снеговое питание приходится 10–20 %, на подземное – 10–30 %. На реках наблюдаются паводки, при этом вода поднимается на 2–3 м. Реки замерзают в октябре, вскрываются в конце апреля – начале мая. Скорость и направление течения рек зависят от рельефа местности. Направление течения большинства рек совпадает с расположением хребтов и межгорных долин. Горный рельеф территории области определяет высокую скорость течения у истоков и в среднем течении. В устьях течение рек спокойнее. Одной из характерных особенностей рек Забайкалья является наличие дождевых паводков, которые формируются в период интенсивных дождей и достигают разрушительной силы, что влияет на изменение гидробиоценоза водотоков.

Бассейн р. Аргунь принадлежит к Верхне-Амурскому бассейну, является притоком первого порядка р. Амур, и играет ключевую роль в поддержании глобальных функций участков биосферы на территории РФ. На территории бассейна трансграничной р. Аргунь расположены различные природные экосистемы, включающие уникальную часть биоразнообразия РФ и Земли.

Бассейн р. Аргунь расположен в пределах 46,5…53,5° северной широты и 107,5…123,0° восточной долготы. Река Аргунь относится к трансграничным водным объектам (в пределах КНР – называется р. Хайлар) и берет начало на западном склоне Большого Хингана. Общая длина реки 1620 км. На 669-м километре Аргунь вступает в пределы Российской Федерации и далее является естественной линией границы между Россией и Китаем. В пределах российской территории длина Аргуни составляет 951 км. Большая часть бассейна реки расположена на территории КНР. Только левобережье ее средней и нижней частей находится в пределах России, что составляет 49,1 тыс. км^2, или 30 % от общей площади водосбора. Аргунь имеет эпизодическую связь с оз. Далайнор через протоку р. Мутная, течение в которой носит переменный характер и зависит от соотношения

уровней реки и озера. С учетом площади водосбора озера бассейн р. Аргунь занимает 285 тыс. км^2. Площадь ее бассейна без водосбора оз. Далайнор равна 164 000 км^2.

Северная часть территории бассейна относится к горно-таежной зоне; в средней части тайга переходит в лесостепь, а далее к югу – в степи и сухую степь монгольского типа. В пределах бассейна р. Аргунь широкое распространение имеет многолетняя мерзлота. Климат бассейна р. Аргунь суровый, резко континентальный, характеризующийся большими суточными и годовыми амплитудами температуры воздуха. Берега русла и пойма на верхнем участке реки сложены в основном легко размываемыми песчано-илистыми грунтами, дно русла песчано-илистое или песчано-галечное, участками галечно-гравелистое. На нижнем участке дно русла песчано-галечное, выложенное местами валунно-галечной отмосткой. Ширина основного русла реки увеличивается вниз по течению.

Основное питание р. Аргунь получает от летних дождей [19].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили полевые пробы донных беспозвоночных, отобранных в июне и августе 2016, в августе 2017 г. на 17 станциях р. Аргунь в районах: 1 станция – гидропост Молоканка, 2 станция – гидропост Млоканка протока Прорва, 3 станция – с. Среднеаргунск, 5 станция – с. Кайластуй, 6 станция – с. Капцегайтуй, 7 станция – с. Дурой, 8 станция – с. Кути, 9 станция – с. Староцуруxайтуй, 10 станция – с. Новоцуруxайтуй, 11 станция – с. Зоргол, 12 станция – с. Средняя Борзя, 13 станция – с. Булдуруй-1, 14 станция – с. Горбуновка, 15 станция – с. Олочи, 16 станция – с. Ишага, 17 станция – с. Аргунск и 4 притоках исследуемой реки: 18 – протока Мутная, 19 – р. Урулюнгуй выше п. Приаргунск, 20 – р. Верхняя Борзя, 21 – р. Средняя Борзя (рис. 1). На каждой станции проводилось обследование прибрежной зоны створа наблюдения с указанием скорости течения и глубины в местах отбора проб, температура воды, гранулометрический состав грунта.

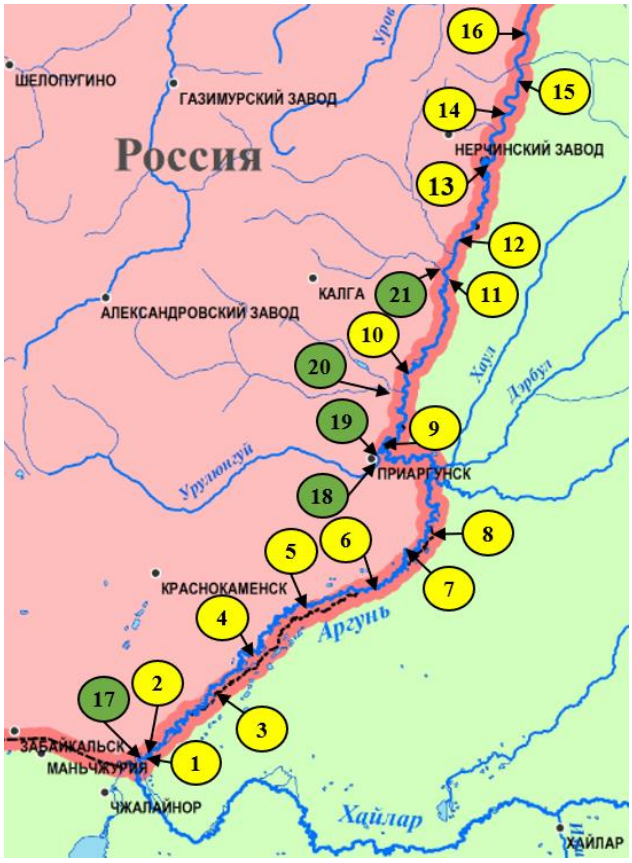


Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора проб на р. Аргунь и притоках в 2016–2017 гг. (номера станций указаны выше).

Сбор количественных проб проводился в местах отбора гидрохимических проб с использованием стандартных методов. Количественные пробы донных беспозвоночных отбирались на каменистом грунте стандартным бентометром Леванидова [13] с площадью захвата 0,16 м^2 в пяти повторностях, а также использовали метод Шредера-Жадина путем сбора организмов с камней и учета их площади [10, 20]. На илисто-песчанных грунтах пробы отбирались дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м^2 [1]. Для качественных проб сбор донных организмов производился вручную с прибрежных камней и растительности по методу Шредера-Жадина без учета площади. Пробы фиксировали 4 % раствором формалина. Обработку проб производили счетным методом в камере Богорова. Выбранные животные подвергались разборке по систематическим группам до уровня типа, класса или отряда, с последующим более детальным определением до уровня рода и вида. После окончательного просчета численности и биомассы производился перерасчет данных параметров на один квадратный метр площади дна реки с учетом количества повторностей и площади взятия проб.

Для характеристики связи изменения исследуемых показателей между собой использовали корреляционный анализ. Для оценки корреляции сравниваемые ряды ранжировали, т.е. приводили их к общему знаменателю. При этом заменяли числовые значения ряда порядковыми номерами при расположении от большего к меньшему. Если в ряду имелось несколько одинаковых значений, то каждому из них присваивали одинаковый ранг, равный среднему арифметическому номеров, занимаемых этими одинаковыми значениями [6, 7]. Далее вычисляли разности рангов в сопряженных парах, возводили в квадрат и суммировали. Полученные значения подставляли в формулу ранговой корреляции Спирмена (1):

$$\sigma = 1 - \frac{6\sum \delta^2}{N(N^2-1)}, \qquad (1)$$

где σ – показатель корреляции Спирмена,

δ – разность рангов попарно сопряженных значений,

$\sum\delta^2$ – сума квадратов разностей,

N – число пар сопряженных значений.

Достоверность показателя корреляции вычисляли по формуле (2):

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{2{,}58}{\sqrt{N-1}}\left(1 - \frac{0{,}69}{N-1}\right) \qquad (2).$$

Если критическое значение $\sigma_{\text{кр}}$ меньше или равно показателю корреляции, то наличие корреляционной связи можно считать достоверной.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате обработки и анализа материалов проб бентофауны выявлены таксоны разного систематического уровня, принадлежащие к типу Nematoda (круглые черви) и четырем классам: Bivalvia (двустворчатые моллюски), Gastropoda (брюхоногие моллюски), Clitellata (поясковые), Insecta (насекомые). Наиболее разнообразно представлен класс насекомых, среди которых было выявлено восемь отрядов: Plecoptera (веснянки), Ephemeroptera (поденки), Trichoptera (ручейники), Coleoptera (жуки), Heteroptera (полужесткокрылые или клопы), Odonata (стрекозы), Lepidoptera (чешуекрылые или бабочки) и Diptera (двукрылые). Основу структуры составили виды, отнесенные к широкораспространенным эврибионтным и эвритермическим видам. По характеру исследуемых биотопов превалировали псаммофильные и пелофильные виды, развивающиеся на песчаном и илистом грунтах. На участках с каменистым грунтом в большом количестве в пробах отмечались ручейники, живущие в домиках разного типа строения и поденки разных семейств, отнесенные к литофильным видам.

К основным группам организмов, которые наиболее часто встречались в пробах, отнесены: поденки, ручейники, олигохеты, двукрылые семейств Chironomidae и Simuliidae, брюхоногие и двустворчатые моллюски.

В июне 2016 г. численность зообентоса изменялась от 0,013 до 1,736 тыс. экз/м^2. При этом по численности среди групп доминировали хирономиды (29,8 %), поденки (27,5 %), олигохеты (17,4 %), ручейники (13,1 %) и моллюски (11,1 %). Максимальная численность отмечалась в р. Аргунь в районе с. Новоцурухайтуй – 1,736 тыс. экз/м^2, с доминированием хирономид (50 %) и поденок (28 %), с. Ишага – 1,304 тыс. экз/м^2, с преобладанием поденок (73 %), с. Булдуруй-1 – 1,088 тыс. экз/м^2, где преобладающими группами являлись поденки (41 %), хирономиды (25 %), олигохеты (14 %).

Биомасса донной фауны рассчитывалась без учета моллюсков, пиявок и домиков ручейников, и изменялась от 0 до 17,742 г/м^2. Преобладающими группами по биомассе выделялись поденки до 90 %, ручейники до 7 %. При этом максимум биомассы отмечался в р. Аргунь в районе с. Ишага – 17,742 г/м^2, с преобладанием поденок (90 %) разных родов, в районе с. Аргунск – 6,440 г/м^2 , где преобладали по биомассе поденки до 90 % родов *Ephemera* и *Baetis* и в районе с. Булдуруй-1 – 3,382 г/м^2, где до 90 % биомассы составили поденки родов *Ecdyonurus* и *Ephemera*.

Табл. 1. Ранжируемые ряды гидрологических и гидробиологических показателей

Наименование показателя	Ранги показателей на станции отбора проб											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Численность	19,5	17	3	22,5	27	12	26	28	2	22,5	30	35,5
Биомасса	14	11	4	29	13	10	15	23	1	31	16	33
Глубина	26	29	1	6	16	35	20,5	32	20,5	24	33	31
Скорость течения	21	14	8	14	19	17	30	6	25	7	9	22
Глубина	11	19	36,5	19	27,5	32	6	32	27,5	36,5	32	27,5
Температура	14,5	20,5	14,5	14,5	24	14,5	14,5	14,5	14,5	32	36,5	34,5

Наименование показателя	Ранги показателей на станции отбора проб											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Численность	21	1	19,5	33	13	24,5	37	32	15,5	31	35,5	9
Биомасса	30	12	22	20	19	24	25	28	7	34	35	18
Глубина	12	23	28	8	14	22	17	25	27	15	36,5	5
Скорость течения	31	10	14	5	11	32	24	28	36	3	16	20
Глубина	10	19	27,5	23	13,5	13,5	13,5	7	19	13,5	32	19
Температура	36,5	24	24	24	20,5	29	29	27	24	34,5	32	29

Наименование показателя	Ранги показателей на станции отбора проб												
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Численность	24,5	11	10	5,5	7	18	34	8	15,5	14	29	4	5,5
Биомасса	27	37	21	8	2	9	36	6	26	3	32	17	5
Глубина	19	36,5	11	4	18	30	34	2	13	10	7	3	9
Скорость течения	18	36	29	12	2	27	34	23	33	36	26	1	4
Глубина	5	35	24	22	4	8	16	2,5	1	9	2,5	32	25
Температура	7,5	3	32	7,5	3	3	7,5	3	7,5	14,5	14,5	3	14,5

На притоках р. Аргунь численность зообентоса р. Мутная соответствовала 0,026 тыс. экз/м^2, при этом доминирующими группами являлись олигохеты и брюхоногие моллюски (по 50 %). Биомасса составила 0,002 г/м^2, без учета моллюсков. В связи с доминированием олигохетного комплекса качество воды оценивалось V классом – экстремально грязные

воды. Численность зообентоса р. Урулюнгуй составила 0,891 тыс. экз/м^2, биомасса – 0,349 г/м^2, с доминированием олигохет (40 %), хирономид (20 %) и брюхоногих моллюсков (20 %). Качество воды оценивалось II классом – слабо загрязненные воды. Численность бентофауны на р. Средняя Борзя в районе с. Средняя Борзя составила 1,992 тыс. экз/м^2, где преобладающими группами являлись хирономиды 67,5 % и ручейники 20 %, на р. Верхняя Борзя (6 км от устья) – 1,736 тыс. экз/м^2, где основу составили личинки хирономид – 93,5 % разных подсемейств. Биомасса на данных притоках составила 0,600 и 3,460 г/м^2 с преобладанием хирономидного комплекса.

Полученные результаты количественных показателей зообентоса численности, биомассы и индекса видового разнообразия, измеренные гидрологические характеристики: глубина отбора пробы, скорость течения в месте отбора и температура воды проранжировали. Ряды ранжируемых данных внесли в таблицу 1.

Для анализа гидрохимических показателей использовали химический анализ донных отложений, так как организмы зообентоса тесно связаны с грунтом и большую часть своего жизненного цикла проводят на и в грунте. Ряды ранжируемых гидрохимических и гидробиологических показателей внесли в таблицу 2.

Табл. 2. Ранжируемые ряды гидрохимических и гидробиологических показателей

Наименование показателя	Ранги показателей на станции отбора проб											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Численность	4	11	14	13	10	15	21	1	28	12	30	27
Биомасса	3	17	19	25	12	24	26	2	21	1	20	31,5
Хром	29,5	29,5	2	1	10	4	15	3	21	31	13	33
Цинк	26	3	6	1	8	7	5	2	9	22	23	14
Марганец	17	4	10	1	6	14	12	2	9	31	29	33
Кобальт	26	9	2	1	18	14	15	3	31	31	29	33
Медь	16	14	2	1	5	4	3	6	7	30	33	32
Железо	30	15	25	20	16	23	21	22	17	13	11	14
Кадмий	33	9,5	14	2	4,5	20,5	20,5	17	30,5	30,5	29	20,5
Свинец	27	8	6	4	20	7	13	5	32	31	30	19
Никель	7	2	3	1	6	8	5	10	11	29	28	24
Молибден	20	5	2	1	16	11	10	6	18	28	32	18
Мышьяк	30	4	7	11	19	14	31	33	23	27	32	21
Аллюминий	18	12	14	10	11	17	15	16	13	7	9	1

Наименование показателя	Ранги показателей на станции отбора проб											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Численность	19	18	22	23	26	7	3	2	9	32	6	24
Биомасса	29	13	22,5	33	28	15,5	14	7	18	30	8	15,5
Хром	19	20	32	8	28	5	24	27	25	16	11	9
Цинк	20	15	19	10	12	18	24	25	11	17	27	16
Марганец	27	32	24	23	25	13	26	21	30	19	28	11
Кобальт	23,5	21	31	17	28	16	12,5	11	20	4	12,5	8
Медь	27	31	29	23	28	25	22	20	26	9	13	8
Железо	9	7	10	6	12	5	26	19	27	18	29	33
Кадмий	23,5	13	25	7	17	9,5	26,5	17	4,5	9,5	3	6
Свинец	28	22	24	12	25	16	26	14	1	21	2	3
Никель	26	18	20	33	19	23	17	22	25	9	15	4
Молибден	24,5	31	26	24,5	30	33	12	8	23	4	18	3
Мышьяк	22	15	26	12	24	17	28	6	13	5	25	3
Аллюминий	6	2	5	4	3	8	–	–	–	–	0	0

Наименование показателя	Ранги показателей на станции отбора проб								
	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Численность	16	29	8	33	20	25	17	31	5
Биомасса	4	27	5,5	11	10	22,5	9	31,5	5,5
Хром	7	17	6	18	12	26	14	23	22
Цинк	4	13	21	30	28	33	29	32	31
Марганец	3	8	5	18	15	22	16	20	7
Кобальт	10	6	5	23,5	27	25	19	22	7
Медь	10	11	12	17	19	24	15	18	21
Железо	31	24	28	32	4	8	1	3	2
Кадмий	1	9,5	15	28	23,5	32	20,5	26,5	12
Свинец	9	10	11	18	17	33	23	15	29
Никель	12	13	14	16	27	30	21	32	31
Молибден	7	13	14	22	9	29	15	27	21
Мышьяк	1	10	8	29	16	18	20	2	9
Аллюминий	0	0	0	0	0	0	0	0	0

По формуле 1 вычисляли показатель корреляции Спирмена – σ, по формуле 2 – его критическое значение – $\sigma_{кр}$. Результаты показателей корреляции приведены в таблицах 3, 4.

Табл. 3. Показатель корреляции Спирмена и его критическое значение для гидрологических и гидробиологических показателей

Анализируемые показатели	Показатель корреляции Спирмена		
	Глубина	Температура	Скорость течения
Численность	-1,29	0,46	0,141
Биомасса	0,034	0,35	0,168
Индекс видового разнообразия	0,263	0,17	0,2
Критическое значение показателя корреляции 0,42			

Табл. 4. Показатель корреляции Спирмена и его критическое значение для гидрохимических и гидробиологических показателей

Анализируемые показатели	Показатель корреляции Спирмена											
	Хром	Цинк	Марганец	Кобальт	Медь	Железо	Кадмий	Свинец	Никель	Молибден	Мышьяк	Аллюминий
Численность	0,08	–0,22	0,23	0,15	0,08	–0,26	–0,004	0,01	0,09	0,12	–0,14	–0,48
Биомасса	0,13	0,08	0,22	0,38	0,13	–0,19	0,24	0,24	0,16	0,21	–0,05	–0,63
Критическое значение показателя корреляции 0,45												

Таким образом, полученные значения ранговой корреляции Спирмена позволяют сделать вывод, что корреляционная связь есть между показателями численности зообентоса от глубины, температуры, а также меньшее содержание аллюминия в донных отложениях виляет на увеличение численности и биомассы бентоценоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные гидробиологические исследования показали, что в целом для исследованных участков р. Аргунь характерно доминирование поденок, далее за ними следуют ручейники, хирономиды, олигохеты и мошки. На большинстве станций отмечены брюхоногие и двустворчатые моллюски. Единичными видами являлись представители стрекоз, паукообразных, клопов, большекрылых. Основу структуры зообентоса р. Аргунь и

ее притоков составили виды отнесенные к широкораспространенным эвритопным и эвритермическим видам. При сравнении бентофауны исследованных участков с водотоками Верхне-Амурского бассейна Забайкальского края таксономические различия обусловлены характером донных грунтов, с которыми связаны бентосные формы. По характеру исследуемых биотопов р. Аргунь превалировали псаммофильные и пелофильные виды, развивающиеся на песчаном и илистом грунтах. На участках, где встречается каменистый грунт, в большом количестве в пробах отмечались ручейники, живущие в домиках разного типа строения и поденки разных семейств, отнесенные к литофильным видам, требовательные к кислородному режиму. Отмечено значительное снижение количественных показателей в районах с. Староцуруxайтуй и с. Горбуновка, с преобладанием брюхоногих моллюсков рода Cincinna.

Выявлено, что с уменьшением глубины и увеличением температуры численность зообентоса возрастает. Отмечена корреляционная зависимость влияния аллюминия, при снижении которого в донных отложениях численность и биомасса зообентоса возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абакумов В.А.* Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.
2. *Абакумов В.А., Качалова О.Л.* Зообентос в системе контроля качества вод // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. С. 167–174.
3. *Абакумов В.А., Сущеня Л.М.* Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования / Экологические модификации и критерии экологического нормирования // Труды международного симпозиума. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 41–51.
4. *Алимов А.Ф.* О возможной роли животных-фильтраторов в процессах самоочищения водоемов на примере популяции пресноводных моллюсков Sphaerum corneum (L.) / Моллюски и их роль в биоценозах и формировании фаун. Л.: Изд-во «Наука», 1967. С. 305–311.
5. *Баканов А.И.* Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С.68–82.
6. *Боголюбов А.С.* Простейшие методы статистической обработки результатов экологических исследований / Экосистема, 1998. С. 1–10.
7. *Боровиков В.П.* Популярное введение в программу STATISTICA. М.: Компьютер пресс. 1998. 267с.
8. В*иноградов Г.А., Березина Н.А., Лаптева Н.А., Жариков Г.П.* Использование структурных показателей бактерио- и зообентоса для оценки качества донных отложений (на примере водоемов Верхневолжского бассейна) // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 3. С. 329–336.
9. *Воробьев Д.С.* Донные сообщества в биоиндикации нефтяных загрязнений / Региональные проблемы экологии и природопользования: Мат-лы городской конференции молодых ученых и специалистов. Томск, 2000. С. 67–68.
10. *Жадин В.И.* Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа, 1960. 191 с.
11. *Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Абакумов В.А.* Гидробиологическая служба наблюдения и контроля поверхностных вод // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. С. 7–15.
12. Количественные методы экологии и гидробиологии / под ред. Г.С. Розенберга. Тольятти: СамНЦ РАН. 2005. 404 с.
13. *Леванидов В.Я.* Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 126–158.
14. *Макрушин А.В*. Биоиндикация загрязнений внутренних вод // Биологические методы природной окружающей среды / А.В. Макрушин. М.: Наука, 1978. 127 с.
15. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин. Л.: Наука, 1984. 112 с.

16. *Мисейко Г.Н.. Безматерных Д.М., Тушкова Г.И.* Биологический анализ качества пресных вод. Барнаул, 2001. 152 с.
17. *Остроумов С.А*. Гидробионты как фактор регуляции потоков вещества и миграции элементов в водных экосистемах // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2003. Т. 5. № 2. С. 249–255.
18. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Дальний Восток. Амур. Л.: Гидрометеоиздат. Т. 18. Вып. 1, 1966. 487 с.
19. Составление сводного аналитического отчета по осуществлению совместного российско-китайского мониторинга трансграничных водных объектов (СРКМ) в 2013 году. Обнинск: Институт проблем мониторинга окружающей среды (ИПМ), 2013. 130 с.
20. Schräder Sh. Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Ufertierwelt fließender Gewässer, zugleich fischereibiologische Untersuchungen im Wesergebiet // Z. Fischerei. Bd 30, 1932. S. 105–127.

УДК 628.3

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ИЗ УГЛЕРОДА

Джон Хайро Руис Эрнандес
Университет Санто Томас де Акино, Колумбия
jhon.ruiz788@gmail.com

Ключевые слова: гуава, гуанабана, пиролиз, очистка сточных вод, активированный уголь, фильтрация.

В настоящее время существует много проблем, связанных с загрязнением воды из горнодобывающих стоков. К ним относятся тяжелые металлы, присутствующие в этих водах, которые могут загрязнять соседние источники, могут загрязнять почву, а также создавать загрязнение атмосферы, что является проблемой, особенно в связи с нарушением правил добычи полезных ископаемых. Цель исследования – внедрение альтернативной очистки сточных вод из горнодобывающего сектора с материалами из агропромышленных отходов. Предлагается оценить эффективность материала, полученного по различным параметрам, таким как pH, проводимость, мутность и тяжелые металлы.

IMPLEMENTATION OF THE PROCESS OF PYROLYSIS OF AGROINDUSTRIAL WASTE FOR TREATMENT OF WASTE WATER FROM COAL MINES

John Jairo Ruiz Hernandez
Santo Thomas de Akino University, Columbia
jhon.ruiz788@gmail.com

Key words: guava, pyrolysis, waste water treatment, activated carbon, filtration.

Nowadays there are many problems associated with water pollution by mining waste waters. Heavy metals contained in these water waters can contaminate neighboring sources, soils, as well as atmosphere. This is a big problem connected with infringements of the mining regulations. The objective of this study is to propose for application an alternative method of mining waste waters treatment with waste of agricultural production. We suggest to assess the material effectiveness by various parameters like pH, conductivity, turbidity and heavy metals content.

Первоначально процесс проводился с идентификацией сырья. Предшественником материала была гуава и гуанабана. После получения сырья процесс пиролиза проводился при температуре 500°C и 400°C с целью получения биохара и определения характеристик каждого материала. Впоследствии было установлено, что биохар при 400°C имеет более высокую урожайность, чем биохар 500°C. Биохар с более высокой урожайностью был у гуанабаны при 400°C.

Полученные биохары подвергались различным анализам и методам, таким как анализ электронной сканирующей микроскопии и немедленный анализ с учетом стандартов ASTM в отношении влажности, летучего материала и золы. После анализа были проведены испытания с использованием растворов воды из медного сульфата для оценки эффективности биохара в этом металле. Затем была использована вода, поступающая из Разлива шахты Мана, расположенной в муниципалитете Вентакемада Бояка, которая имела высокое содержание железа и низкий pH. Кроме того, были проведены испытания с использованием обычного активированного угля для сравнения эффективности каждого материала. После проведения соответствующих лабораторных испытаний было установлено, что биохары, полученные на основе семян гуанабана и гуайява, обладают хорошими фильтрующими свойствами, улучшая такие параметры, как проводимость, мутность и так же

способные изменять pH, поэтому предлагается применять фильтры с биохарным материалом в качестве альтернативы очистке сточных вод.

ВВЕДЕНИЕ

Очистка сточных вод направлена на удаление органического вещества и всех загрязняющих веществ, влияющих на качество воды. Одним из процессов очистки воды является фильтрация, в которой обычно используются различные материалы, такие как гравий, песок, активированный уголь и т. д. активированный уголь является материалом, который обладает отличной эффективностью в отношении удаления загрязняющих веществ, может быть изготовлен из любого материала с высоким содержанием углерода и низким соотношением неорганического материала. Использовались прекурсоры такие, как древесина, кокосовый орех, минеральный уголь и другие. Однако их стоимость высока из-за процессов активации, которым они подвергаются.

В последние годы были разработаны различные исследования и исследования органических материалов, которые способны иметь поведение, похожее на активированный уголь, они были названы биохаром. Биохар состоит из биомассы растительного происхождения, изготовленной на основе прекурсоров, таких как эвкалипт, семена гуайява, багасса тростника, арахисовая солома и т. д. Также были проведены различные эксперименты, начиная от использования почвы и заканчивая очисткой воды с использованием биохара в качестве фильтрующего материала. Что касается очистки воды, то была изучена эффективность удаления кадмия, меди, цинка, нитратов, аммония, фосфатов, мышьяка и различных пестицидов. В Колумбии причиной загрязнения воды является добыча полезных ископаемых либо ненадлежащая эксплуатация, либо несоблюдение стандартов. Таким образом, изучается возможность применения фильтров с биохаром для очистки горнодобывающей воды, которые изготавливаются из одноразовых материалов или отходов, которые экономически эффективны и экономичны. Это исследование направлено на получение и анализ фильтрующего материала, способного удерживать тяжелые металлы и загрязняющие вещества, присутствующие в воде, особенно загрязненные в результате добычи полезных ископаемых, которые являются недорогими и доступными для общественности.

Биохар

Биохар – это материал, производимый путем термического разложения органического вещества в атмосфере с ограничениями кислорода и при относительно высоких температурах. Биохар отличается от древесного угля, потому что второй генерируется процессом горения (Toro, J. Requena, I. Duarte, O and M. Zamorano, M. 2013). Производство биохара происходит в результате неполного или частично анаэробного сгорания (пиролиза) любого вида естественной биомассы. Биохар долгое время использовался в различных формах, главным образом, в качестве поправки к сокращению парниковых газов, главным образом углекислого газа и метана, из-за разложения органического вещества (Brewer, C., Schmidt-Rohr, K., Satrio, J., Brown, R. 2009).

Разработка биохара осуществляется в процессе пиролиза. Пиролиз определяется как термическое разложение угля в атмосфере, свободной от кислорода, в результате разрушительной перегонки угля, в котором добываются Газы, топливо, масла и отходы (Tovar, C.; Ortiz, A.; Jaraba, L. 2015). Он также может быть определен как процесс разрушения биомассы. Процесс состоит из трех этапов: на первом этапе происходит медленное разложение при производстве небольшого количества водяного пара, оксидов углерода, гидрогена и метана, что является следствием разрыва связей из-за высокой температуры процесса. Второй этап известен как деструктивная, активная тепловая дистилляция, температура повышается и происходит более глубокая фрагментация молекулы углерода с образованием конденсируемых углеводородов и смол. Этот этап

начинается примерно на 360 ° C и заканчивается, когда температура достигла примерно 560°C. Последний этап, который проходит при температурах выше 600°C, характеризуется постепенным удалением гидрогена и других гетероатомов (Morón S, Fox DL, Feinberg JM. 2013).

Очистка сточных вод путем фильтрации

Одним из наиболее распространенных процессов очистки сточных вод является фильтрация, фильтры классифицируются по их нагрузке на следующие:

A) фильтры с низкой нагрузкой: это медленные фильтры, в которых вода делает один проход через фильтр, с низкими объемными нагрузками, что также позволяет относительно полной нитрификации. Этот тип фильтра безопасен и прост в эксплуатации, они производят довольно стабильный состав сточных вод;

B) фильтры с высокой нагрузкой-это фильтры, которые используют рециркуляцию для создания более однородной гидравлической нагрузки, разбавляя влияющий DBO5. Процент рециркуляции может достигать 400%. Эти системы фильтрации имеют такую же хорошую эффективность, как и фильтры с низкой скоростью (MinDesarrollo,2000).

Активированный уголь

Активированный уголь может быть изготовлен из любого материала с высоким содержанием углерода и низким соотношением неорганического материала. Были использованы прекурсоры, такие как древесина, кокосовый орех, минеральный уголь, и в последние годы возрос интерес к поиску побочных продуктов промышленности и агропромышленности в качестве новых прекурсоров для разработки пористых материалов, таких как активированный уголь (J. Mcdougall, 1991). По этой причине использовались различные субпродукты агропромышленного комплекса (биомасса, биосолиды), которые не приносят явных выгод для генератора и, напротив, требуют процессов утилизации. Элементы, такие как тростниковая багасса, рисовая шелуха, шелуха различных продуктов, семян и древесины были использованы в качестве прекурсоров активированного угля (O. Ioannidou and A. Zabaniotou. 2007). Сельскохозяйственные побочные продукты могут быть разделены на 2 подгруппы, один из мягких материалов с низкой плотностью и вторая группа твердых материалов (M. Ahmedna, W. E. Marshall, and R. M. Rao. 2000). Разница при активации биомассы или минерального угля, это в основном урожайность, скорость активации и площадь поверхности. Потеря массы больше в биомассе, чем в углях, и в последних потерях массы больше, когда уголь находится в низком диапазоне (R. Arriagada. 2005) (H. Huang, Y. Wang, and F. S. Cannon. 2009). Количество минерального материала в лигноцеллюлозных элементах отрицательно влияет на поверхность; количество минерального материала не меняется между предшественником и конечным активированным углем (K. Dalai. 1996), этот минеральный материал вызывает уменьшение объема пор, но не влияет на скорость активации (A. Linares Solano.2000).

Существуют также два метода активации угля, физическая активация (также называемая тепловой) и химическая активация. Физическая активация обычно состоит из двух последовательных шагов. Первым шагом является термическая карбонизация сырья, где происходит деголатизация, этот процесс осуществляется при высоких температурах для производства богатого угля. Второй шаг-активация, где оставшийся уголь частично газифицирован окислителем (обычно водяным паром или углекислым газом CO2). Если оба шага выполняются одновременно, процесс называется прямой активацией (Giovanni A. López E. Uribe M. 2013).

Химическая активация: химическая активация включает только один шаг, так как используются химические вещества, такие как хлорид цинка, фосфорная кислота, гидроксид калия, калийный углерод, которые изменяют процесс карбонизации. Биомасса пропитывается этими веществами и затем обугливается при температурах от 400°C до 900°C.

Химические методы приводят к большей степени пористости по сравнению с физическими методами (O. Ioannidou and A. Zabaniotou.2007).

Поэтому многочисленные исследования сосредоточены на поиске новых методов лечения, которые эффективно уменьшают присутствие тяжелых металлов и тел, присутствующих в воде. (Mohan, D. 2014). Биохар представляет собой альтернативу обработки, в которой, стремятся термически изменить биомассу, чтобы получить богатый углеродом материал, который может быть использован в качестве адсорбирующего материала (Wang, Z., Guo, H., Shen, F. 2015).

Пиролиз

Пиролиз в целом сгруппирован в две конкретные технологические системы: пиролиз при высоких температурах и обычный пиролиз.

Температурные процессы варьируются от 550 ° по Цельсию, разрабатывая, как правило, масла и смолистые жидкости: пиролиз развивался при средней температуре с температурой 550° до 800 ° по Цельсию, из которых в основном будут стремиться получить углеводороды. Высокотемпературные процессы, также называемые быстрым пиролизом, выполняются при температурах между (800-1000 Цельсия). Рекомендуется выполнять процесс в основном в короткие промежутки времени, обычно секунды. Этот процесс позволяет иметь низкое содержание твердого материала и соотношение газа, богатого содержанием гидрогена и углерода (Wang J, Du J, Chang L,Xie K, 2009). Производительность продукта зависит от используемого сырья и условий процесса реакции, таких как скорость нагрева, максимальная температура и время пребывания среди других факторов (García, A. 2008).

Биомасса, используемая для пиролиза, может иметь разное происхождение, причем наиболее распространенными являются сельское хозяйство, животноводство, лесной сектор и муниципальные отходы. Таким образом, остатки обрезки, предшествующая биомасса различных культур, различные остатки животноводческой деятельности и осадок очистителя могут быть материалами для выполнения процесса пиролиза. Материал может иметь некоторые характеристики, такие как содержание макро-и микроэлементов, физическая структура, удерживающая способность воды (Paco, D. 2012).

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОБЛЕМА

Вода является одним из наиболее жизненно важных ресурсов для обеспечения качества жизни. Из-за роста численности населения, возникшего в последние десятилетия, экономического роста и развития промышленности, растет спрос на коммунальные услуги. Этот спрос превышает пределы, установленные компетентными органами, влияя как на качество, так и на количество услуг. Таким образом, существует большое количество сообществ, которые не имеют оптимального обслуживания. Нехватка коммунальных услуг в сельских районах, как правило, увеличивается либо из-за расстояния до городских районов, либо из-за нехватки экономических ресурсов. Что касается общественного водоснабжения и отсутствия сельских акведуков, то общины вынуждены брать воду из таких природных источников, как реки, озера, водоемы и т.д. Несмотря на то что эти источники являются естественными, качество воды является низким из-за загрязнения. Многие из этих захваченных вод, как правило, приводят к водам, загрязненным количествами тяжелых металлов из-за добычи полезных ископаемых, которые опасны для здоровья человека.

Что касается очистки воды, одним из используемых процессов является фильтрация. Активированный уголь является наиболее востребованным материалом для процесса фильтрации из-за его высокой эффективности с точки зрения удаления загрязняющих веществ, присутствующих в воде. Однако этот материал является очень дорогостоящим, и не всем сообществам удается его приобрести. В связи с этим необходимо разработать альтернативные методы очистки воды с использованием фильтрующих материалов с

характеристиками, аналогичными характеристикам активированного угля, которые являются более экономичными, доступными для общин и получаемыми на устойчивой основе.

ЦЕЛИ

Общая цель – внедрение процесса пиролиза агропромышленных отходов в качестве альтернативы для получения фильтрующего материала для очистки сточных вод из угольного горнодобывающего сектора**.**

Конкретные цели:

- Характеризовать фильтрующий материал, полученный в результате пиролиза процессов с использованием агропромышленных отходов в качестве прекурсоров.
- Определить эффективность фильтрующего материала, полученного в процессе пиролиза, в улучшении параметров качества воды.
- Оценить техническую осуществимость при внедрении фильтрующего материала в установки очистки сточных вод в угольных шахтах.

МАТЕРИАЛ

Гуайява

Эта ягода круглой, овальной, цилиндрической или периферической формы, диаметром от 1,5 до 8 см и длиной от 4 до 15 см. Дерево растет от 2 до 8 м в высоту, является важным членом двудомной семьи миртацей (Salazar, C. 2011). Гуава обычно используется в основном для производства желе, сиропа и джемов; они получены из мякоти ягод и сконцентрированы с помощью процессов испарения.

Консистенция, цвет и вкус варьируются в зависимости от разнообразия гуайява и процесса получения пасты. Разработка биохар проводился с семенами этого плода (рис. 1), которые в провинции Ricaurte департамента Бояка вырабатываются в значительном количестве из-за промышленности, существующей в регионе.



Рис. 1. Семена гуайява



Рис. 2. Семена гуанабана

Гуанабана

Это плод, который весит в среднем 2,9 кг, из которых 75,6 % – мякоть, 4,8 % – семя, 12,7 % – кожура. Семена (рис. 2) от глянцевого черного до каштанового цвета и продолговатой формы, размер семян варьируется от 1 до 2 см в длину и от 0,33 г до 0,59 г в весе, с черным до коричневого цвета (Vidal-Lezama, E.; Vidal M. N. A.; Vidal H. L. 2015). Он входит в 10 самых потребляемых колумбийцами фруктов. Семена гуанабана (рис. 2) также использовались для получения биохара, поскольку эти семена легко приобретаются и не используются повторно.

Лабораторная сборка

Для проведения испытаний на фильтрацию в колонке была выполнена конструкция с 2-дюймовым ПВХ-трубопроводом с 5 повторениями фильтра, чтобы иметь последовательность данных и тем самым обеспечить больший контроль и эффективность анализа результатов. К этим трубам были добавлены фитинги, такие как соединения и регистры с пробкой 2", чтобы выполнить соответствующее разделение и обеспечить герметизацию структуры фильтра и, таким образом, добиться контроля конечного расхода. Контейнеры начального раствора были изготовлены из бутылок с пластиковым материалом, которые имеют емкость 300 мм. эти бутылки приспособлены силиконовым шлангом и регулятором расхода (рис. 3).

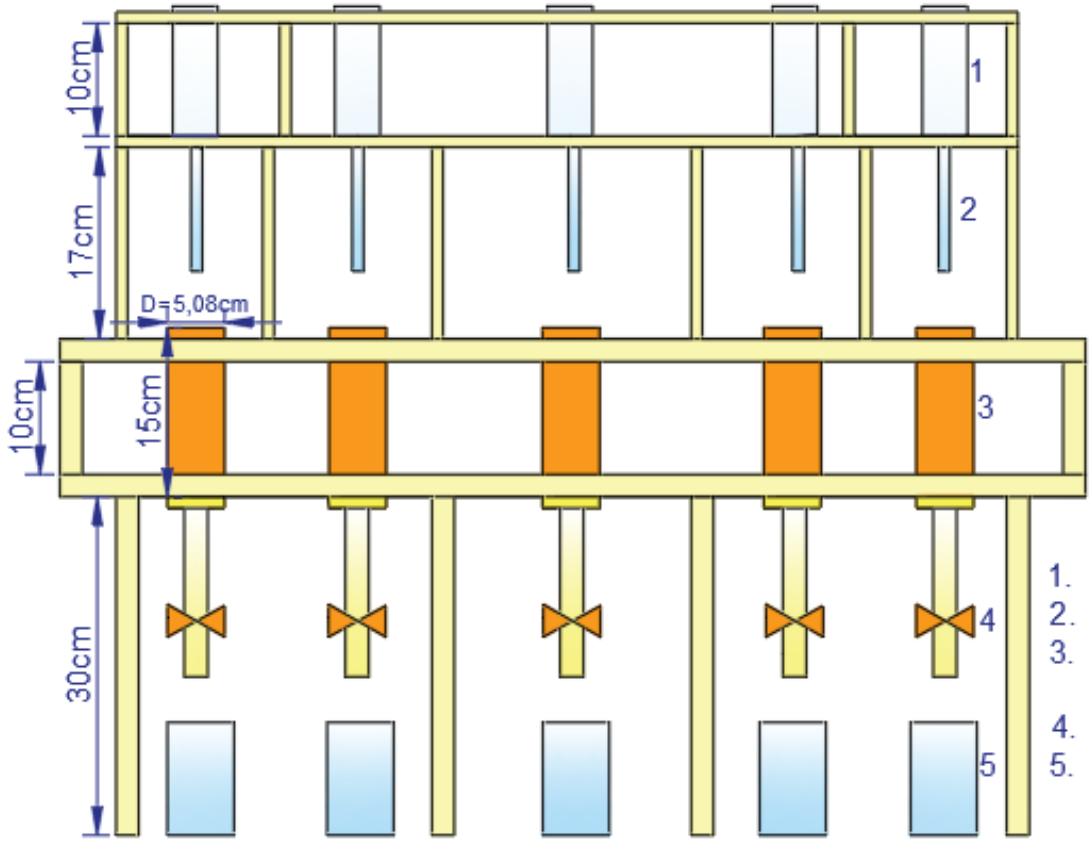


Рис. 3. Структура для фильтров с ПВХ-материалом и адаптированной пластиковой бутылкой

Растворы пентагидрат сульфата меди (CuSO4. 5H2O)

Сульфат меди (рис. 4) характеризуется цветом calipso и быстрыми изменениями температуры, добавляя к нему больше воды. В естественном состоянии он представлен как минерал, называемый халькантитом, используемый в качестве удобрения и фунгицида для фруктовых деревьев. Медный купорос получается из минерального царства. Добыча состоит из приема окисленных минералов и водных растворов, и концентрации жидкости. Затем удаляются органические растворители. Он обычно готовится в лаборатории для добавления альдегидов и кетонов в качестве топлива. Это достигается промышленно действием серной кислоты в разнообразие медных смесях (ll), как медная окись (ll) и медный карбонат. Поэтому они считаются окислительно-восстановительными или редоксовыми реакциями (Collings G. H, 1969). Этот сульфат использовался для изготовления различных растворов 0,1, 1, 10, 100 и 1000 частей на миллион (рис. 5), учитывая, что 1 гр/л равен 1000 ppm. Это с целью отфильтровывать растворы по биохару и тем самым проводить анализ на удаление меди, присутствующей в нем воды.



Рис. 4. Пентагидрат сульфата меди (CuSO4. 5H2O).



Рис. 5. Пентагидрат сульфата меди ppm решения

Вода, поступающая из шахтного дренажа

Вода была извлечена из шахты Мана, расположенной в муниципалитете Вентакемада - Бояка на вереде старого прихода (рис. 6). После того, как вода была получена, были проведены испытания различных параметров, таких как проводимость, мутность и pH, а затем были проведены испытания с биохаром**.**



Рис. 6. Угольная шахта Мана Вентакемада - Бояка

Получение биохара

Как упоминалось выше, были использованы прекурсоры гуайява и гуанабаны. Прекурсоры гуайява получены с бутербродной фабрики, а прекурсоры гуанабаны получены с завода по производству фруктовой целлюлозы, расположенного в городе Богота.

Биохар получен в процессе пиролиза. Для разработки этого процесса использовался муфельный знак (Terrigeno) (рис. 7), расположенный в металлургической лаборатории Университета УПТС Тунха. Во время производства материала он работал с различными температурами, которые составляли 600 °C, 500 °C и 400 °C, выбрасывая в качестве конечного продукта биохар. После получения материала после процесса пиролиза проводятся соответствующие расчеты окончательного процента материала (Табл. 7). Затем следует выполнить утечек в столбце, для которых были использованы трубы типа ПВХ с диаметром 2 дюйма и высотой 15 см в фильтры. Для этого использовались различные

материалы, такие как активированный уголь обычный, биохар гуанабана до 500 °C, биохар гуанабана до 400 °C, биохар гуайява до 500 °C и биохар гуайява до 400 °C, которые были оценены с сульфатом меди в разных пропорциях (рис. 5) для определения эффективности biochars что касается удаления сульфата меди.



Рис. 7. Муфельные марки Terrigeno, используемые для получения биохара

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика материала

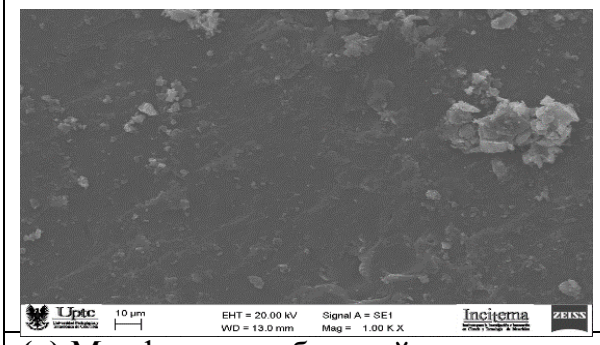
Табл. 1. Конечный процент биомассы после процесса пиролиза

Материал	название материала	температура (°C)	время проживания (мин)	начальный вес (гр)	конечный вес (гр)	% конечный
Гуанабана	1GB-500	500	150	2000	392.5	19.6
Гуанабана	2GB-400	400	150	2000	1132.0	56.6
Гуайява	1GY-600	600	270	500	19.8	3.9
Гуайява	2GY-500	500	150	1000	187.3	18.7
Гуайява	3GY-400	400	150	2000	841.0	42.0

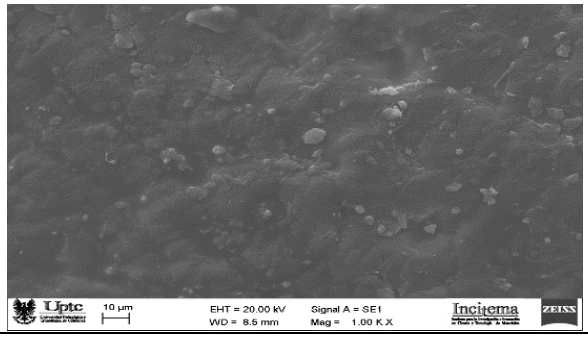
После процесса пиролиза при 400 °C, 500 °C и 600 °C с семенами гуайява и гуанабаны было установлено, что при 600 °C материал полностью обуглен, оставаясь в виде золы, в то время как при 500 °C и 400 °C получается биохар. Тем не менее, установлено, что после процесса пиролиза температура, при которой достигается более высокий процент конечного веса биохара, составляет 400 °C. Было также установлено, что предшественники гуанабана обладают более высокими показателями биохар в отношении гуайява.

Результат сканирования электронного микроскопического анализа

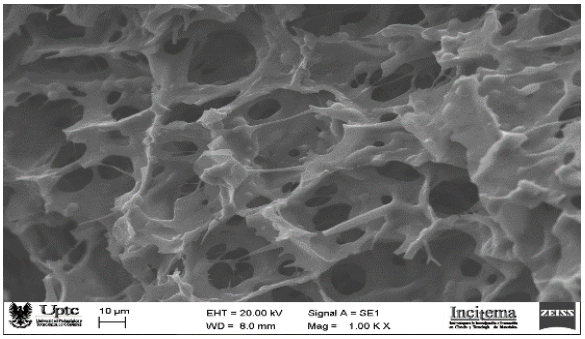
На рис. 8, наблюдаются изображения сканирования в морфологической 1.00 KX (в 1000 раз превышает реальный размер), активированный уголь обычный и биохар Гуанабана и гуайява при температурах 400 и 500 °C соответственно, что свидетельствует о разрушении поверхности из-за преобразования термохимической переработкой, которая была проведена, наблюдаем поверхности сглаженными, как в случае с активированным углем.



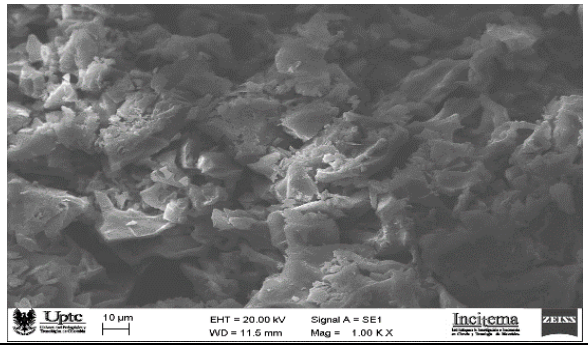
(a) Морфология обычный активированный уголь WD 13.0 мм, 10 мкм и 1.00 KX увеличился.



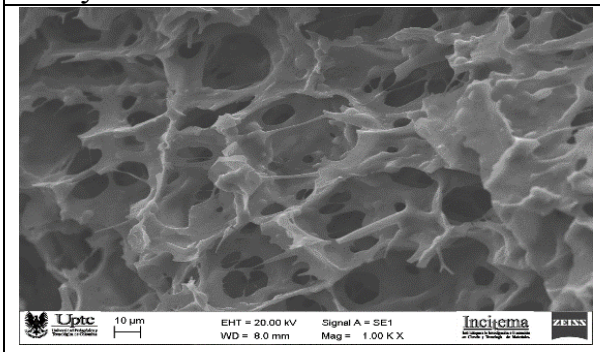
(b) биохар Морфология гуанабана при 400°C WD 8.5.0 mm, 10 мкм и 1.00 KX увеличилась.



(c) биохар Морфология гуанабана при 500°C WD 8.0 mm, 10 мкм и 1.00 KX увеличилась.



(d) биохар морфологии гуайява при 400°C WD 11.5 мм, 10 мкм и 1.00 KX увеличился.



e) биохар морфологии гуайява при 500°C WD 12 мм, 10 мкм и 1.00 KX увеличение.

Рис.8. Морфологии активированного угля и биохаров при 1,00 KX увеличения.

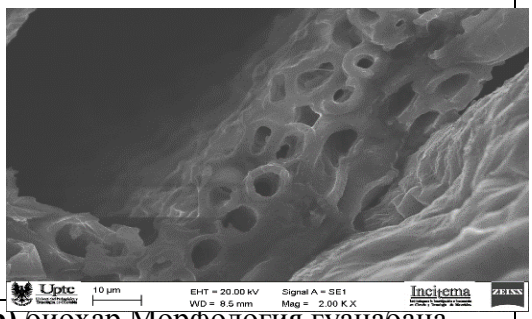
Рис. 8a и биохар Гуанабана до 400 °C рис. (8б), которые имеют схожую структуру, в то время как в других биохарах (рис. 8c, 8d и 8e) присутствуют полости или пористые области внутри них, при этом на рис. 8c наблюдаются равномерные поры по сравнению с цифрами (8d и 8e).

На рис. 9 показано изображение морфологической разведки при 2,00 KX коммерческого активированного угля и биохаров гуанабана и гуайява при 400 и 500 °C соответственно, в которых из-за его химической трансформации наблюдаются изменения в структуре. Что касается активированного угля рис. 9a, то наблюдается плоская поверхность, поэтому поры материала не проявляются, вероятно, это означает, что он имеет поры

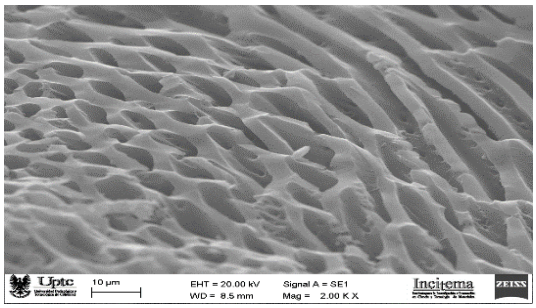
нанометрового масштаба, в то время как другие биохары имеют очень различную структуру, как это происходит на рис. 9b, это относится к биохарому Гуанабане до 400 °C. На рис. 9c наблюдаются поверхности с большим количеством пор, трещин, вероятно, из-за температуры, которой она была подвергнута, также наблюдается симметричная структура (рис. 9d) с бугристой поверхностью, однако его поры не являются достаточно очевидными, наконец, на рис. 9e – биохара гуайява до 500 °C, менее масштабные поры одинаково свидетельствуют о степени обезвоживания. Это является доказательством того, что при температурах выше 400 °C структура имеет тенденцию быть хрупкой с большим растрескиванием.



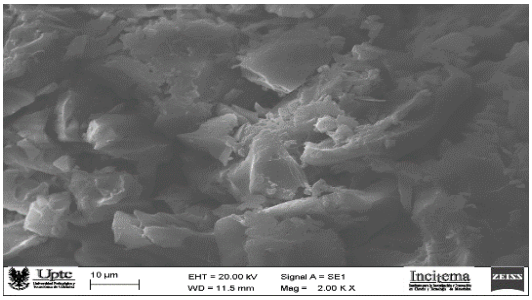
(a) Морфология обычный активированный уголь WD 13,0 мм, 10 мкм и 2,00 KX увеличился.



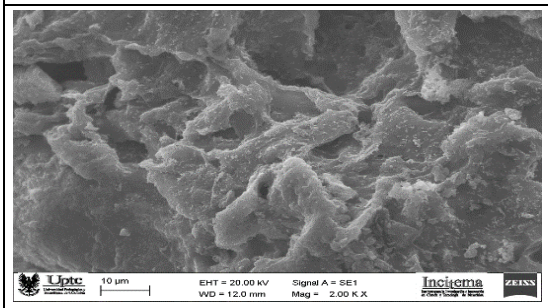
(b) биохар Морфология гуанабана при 400°C WD 8.5.0 mm, 10 мкм и 2.00 KX увеличилась.



(c) биохар Морфология гуанабана при 500°C WD 8.5 мм, 10 мкм и 2.00 KX увеличилась.



(d) биохар морфологии гуайява при 400°C WD 11.5 мм, 10 мкм и 2.00 KX увеличился.



e) Биохар морфологии гуайява при 500°C WD 12 мм, 10 мкм и 2.00 KX увеличился.

Рис. 9. Морфологии активированного угля и биохаров при 2,00 KX увеличения.

На рис. 10 изображены морфологические разведочные снимки при 5,00 KX коммерческого активированного угля и биохаров гуанабана и гуайява при 400 и 500°C соответственно. В морфологии активированного угля рис. 10a наблюдаются изменения поверхности. На рис. 9a не удается выделить поры – в Гуанабановой биохаре до 400 °C (рис.

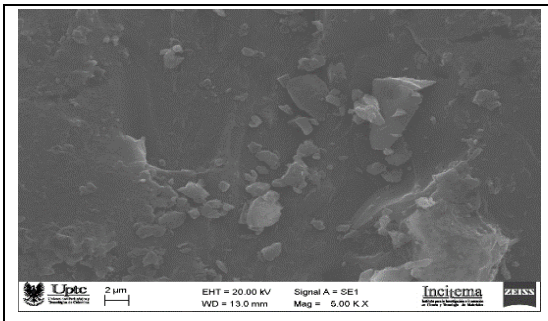
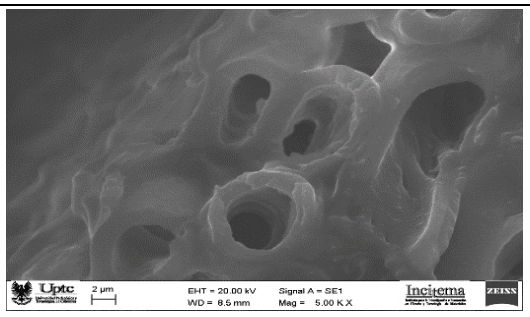
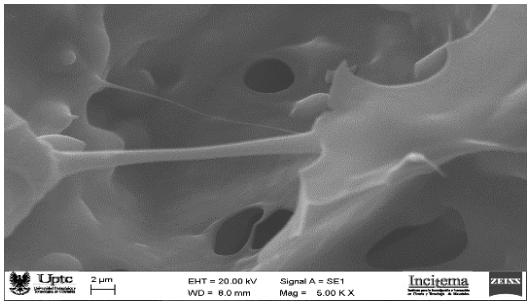
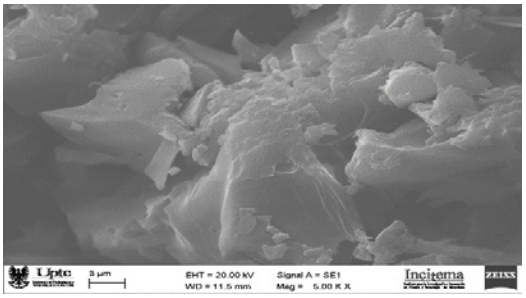
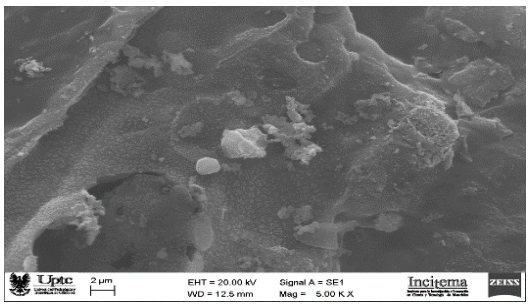
	
(a) Морфология обычного активированного угля WD 13,0 мм, 2 мкм и 5,00 KX увеличилась.	**(b)** Биохар морфология гуанабана при 400 ° C WD 8.5.0 mm, 2 мкм и 5.00 KX увеличилась.
	
(c) Биохар морфология гуанабана при 500 ° C WD 8.0 mm, 2 мкм и 5.00 KX увеличилась.	**(d)** Биохар морфологии гуайява при 400°C WD 11.5 мм, 3 мкм и 5.00 KX увеличился.
	
e) Биохар морфологии гуайява при 500°C WD 12.5 мм, 2 мкм и 5.00 KX увеличился.	

Рис. 10. Морфологии активированного угля и биохаров на 5,00 KX увеличение.

10b), наблюдаются поры размером от 2 мкм, в Гуанабановой биохаре до 500°C (рис. 10c) наблюдаются поры разных размеров, рис. 10d и 10e, соответствующие биохар гуава, 400 и 500 °C имеют структуру ламинирования, без признаков пор на уровне 2 мкм. Тем не менее, можно наблюдать небольшие отверстия, которые, вероятно, в больших масштабах будут идентифицировать поры.

Результат непосредственного анализа материалов-прекурсоров

В результатах, полученных посредством проведения анализа сразу прекурсоров, гуанабана и гуайява, влажность в биохаров связана с содержанием воды в капилляры и поры клеточных структур; вода перекрыла мосты водорода с другими, присутствующими в структуре биохар (Parra, W. 2015). Таким образом, можно определить, что содержание влаги в гуанабане выше из-за морфологии и высокой степени пористости, которую она представляет. Содержание золы высоко, из-за неорганических соединений, присутствующих в биомассе, которые не улетучиваются, и высокой температуры, обрабатываемой в процессе пиролиза.

Табл. 2. Немедленный анализ предшественника гуанабана

Испытание	Единицы	Результат
Содержание золы	процент	11,83
содержание влаги	процент	8,74
Содержание летучих веществ	процент	77,52
Фиксированное содержание углерода	процент	1,91

Табл. 3. Немедленный анализ предшественника гуайява.

Испытание	Единицы	Результат
Содержание золы	процент	6,1
содержание влаги	процент	8,39
Содержание летучих веществ	процент	79,43
Фиксированное содержание углерода	процент	6,08

Кроме того, летучее вещество относится к органическим соединениям биомассы, которые высвобождаются во время нагрева. Процент для предшественника гуанабана составляет 77,52 %, а для гуайява-79,43 %. Это можно объяснить термическим удалением органических соединений, богатых гидрогеном и кислородом. Наконец, содержание углерода в предшественниках гуайява и гуайява является низким, поэтому при более высокой температуре процесса пиролиза определяется меньшее количество углерода.

Эффективность полученного материала. Начальные параметры решений

Табл. 4. Параметры проводимости и мутности водных растворов с пентагидратом медного купороса

Растворы сульфат меди (ppm)	проводимость (ms)	мутность (NTU)
0,1	0,058	0,640
1	0,062	1,260
10	0,067	1,130
100	0,123	3,910
1000	0,636	11,300

Характеристики фильтрующего материала

Табл. 5. Характеристики фильтрующих материалов, полученных с предшественниками гуайява и гуанабана

Материал	Volumen (cm3)	Peso (gr)	Granulometría (mm)
Активированный уголь	101,3	73,7	1-1,5
Гуава 400°C	101,3	43,9	3
Гуава 500°C	101,3	29,8	2,5-3
Гуанабана 400°C	101,3	46,4	5-8
Гуанабана 500°C	101,3	27,8	4-6
Семенная крышка семена гуанабана 400°C	101,3	12,7	-
Семенная крышка семена гуанабана 500°C	101,3	23,4	-

Результаты проводимости после процесса фильтрации

Табл. 6. Результаты проводимости с растворами сульфата меди до и после процесса фильтрации с использованием биохара и активированного угля

Фильтрующая среда	Проводимость (MC)				
	Решения сульфат меди (CuSO4. 5H2O)				
	0.1 ppm	1 ppm	10 ppm	100 ppm	1000 ppm
Активированный уголь	0,06±0,0078 n=5	0,05±0,0004 n=5	0,05±0,0021 n=5	0,09±0,0044 n=5	0,51±0,0159 n=5
Гуава 400°C	0,07±0,0214 n=5	0,07±0,0104 n=5	0,07±0,0033 n=5	0,12±0,0074 n=5	0,53±0,0330 n=5
Гуава 500°C	0,20±0,0139 n=5	0,28±0,0093 n=5	0,22±0,0197 n=5	0,21±0,0091 n=5	0,45±0,0280 n=5
Гуанабана 400°C	0,06±0,0036 n=5	0,06±0,0038 n=5	0,06±0,0034 n=5	0,10±0,0037 n=5	0,52±0,008 n=5
Гуанабана 500°C	0,17±0,0470 n=5	0,25±0,0296 n=5	0,27±0,0582 n=5	0,22±0,0300 n=5	0,57±0,0281 n=5
Семенная крышка семена гуанабана 400°C	0,04±0,0043 n=5	0,04±0,0013 n=5	0,05±0,0010 n=5	0,10±0,0064 n=5	0,53±0,0363 n=5
Семенная крышка семена гуанабана 500°C	0,11±0,0089 n=5	0,11±0,0037 n=5	0,09±0,0055 n=5	0,12±0,0015 n=5	0,43±0,0087 n=5

Результаты мутности после процесса фильтрации

Табл. 7. Результат мутности с растворами сульфата меди до и после процесса фильтрации с биохаром и активированным углем

Фильтрующая среда	Мутность (NTU)				
	Решения сульфат меди (CuSO4. 5H2O)				
	0.1 ppm	1 ppm	10 ppm	100 ppm	1000 ppm
Активированный уголь	3,37±0,7295, n=5	1,62±0,3179, n=5	1,18±0,0546, n=5	1,30±0,3056, n=5	1,090±0,2449, n=5
Гуава 400°C	2,83±0,3653, n=5	1,42±0,4440, n=5	1,32±0,1798, n=5	2,20±0,9922, n=5	1,942±0,1602, n=5
Гуава 500°C	8,68±0,5568, n=5	8,26±0,2939, n=5	7,32±0,4509, n=5	5,17±0,0342, n=5	7,520±0,7787, n=5
Гуанабана 400°C	1,95±0,4763, n=5	1,15±0,2083, n=5	0,95±0,2015, n=5	0,31±0,0986, n=5	2,242±0,1897, n=5
Гуанабана 500°C	1,57±0,2228, n=5	1,80±0,4210, n=5	2,23±0,2067, n=5	4,04±0,1419, n=5	14,452±0,1609, n=5
Семенная крышка семена гуанабана 400°C	2,73±0,3733, n=5	1,67±0,4051, n=5	1,05±0,2117, n=5	1,28±0,4968, n=5	2,950±0,6182, n=5
Семенная крышка семена гуанабана 500°C	4,87±0,9136, n=5	2,05±0,0400, n=5	1,21±0,1269, n=5	0,98±0,1036, n=5	3,266±0,7010, n=5

Техническая осуществимость при внедрении фильтров в горнодобывающих водах

Значения проводимости, мутности и pH воды, поступающей из шахты Мана до и после фильтрации.

Табл. 8. Значения проводимости, мутности и PH горнодобывающей воды до и после фильтрации

Материал	Проводимость (MC)	мутность (НТУ)	pH
	0,361	44,80	4,61
Активированный уголь	0,327	7,54	5,01
Гуава 400°C	0,270	5,38	5,98
Гуава 500°C	0,238	13,70	6,86
Гуанабана 400°C	0,341	38,50	5,07
Гуанабана 500°C	0,410	10,80	6,68
Семенная крышка семена гуанабана 400°C	0,293	15,40	5,24
Семенная крышка семена гуанабана 500°C	0,296	24,60	6,79

Табл. 9. Стоимость производства биохар при 400 ° C

Биохар	Гуайява	Гуанабана
Время процесса пиролиза (часы)	7	7
Муфельная мощность, биомасса на процесс (кг)	15	15
Окончательный материал, произведенный кг / процесс	8,48	6,3
Муфельные потребление (кВтч)	2,3	2,3
Муфельные потребление (Kwatth / процесс)	16,1	16,1
Стоимость кВтч	$ 374,70	$ 374,70
Значение потребление энергии муфельные кг	$ 6,033	$ 6,033
Стоимость материала кг + транспорт ($)	$ 400	$ 400
Стоимость производства биохара по процессу	$ 9,424,67	$ 8,552,67
Стоимость производства биохара на кг	$ 1,111,4	$ 1,357,6
РУБЛИ	22	27

Стоимость изготовления материала была получена путем проведения ряда расчетов, в которых значение кВт ч было взято в $ 374,7 для слоя 3. Как видно, стоимость биохар колеблется от $ 1 111.4 до $ 1 357.6 в зависимости от предшественника и его производительности. Учитывая, что килограмм активированного угля имеет коммерческую стоимость около $ 30000, произведенный биохар является хорошей альтернативой, с точки зрения внедрения для процесса фильтрации в очистке воды из-за его низкой стоимости. Поскольку это может быть до 60 % более низкая цена в сравнении с активированным углем.

ВЫВОДЫ

Во время характеристики производимых биохаров пористость была достигнута в большинстве материалов размером от 2 мкм до 10 мкм, что выгодно для фильтрации. Кроме того, был сделан вывод о том, что биохар гуанабана, произведенный при температуре 400 °C, имел более высокую урожайность по количеству произведенного материала, поскольку на каждый килограмм материала, произведенного из сырья, было получено 566 граммов биохара.

Было установлено, что полученные биохары способны улучшать параметры проводимости и мутности в водах с присутствием сульфата меди. Во время тестирования решения с высоким содержанием $CuSO_4$. $5H_2O$, большинство biochars уменьшили эти значения. Тем не менее, большое количество тестов, проведенных с биохарами, произведенными при 500 °C, увеличило значения проводимости как мутность. Это связано с химической трансформацией, которой они подвергались. Таким образом, делается вывод о том, что биохары, производимые при 400 °C, являются наиболее эффективными, с точки зрения процесса фильтрации растворами сульфата меди.

Что касается испытаний, проведенных на свалочной воде в руднике Эль-Мана, то отмечается, что все материалы имеют фильтрующую способность, за исключением биохара гуанабана при температуре 500 °C. Таким образом, делается вывод о том, что для получения эффективного биохара на основе семян гуанабана процесс пиролиза при температуре более 400 °C не должен быть проведен, поскольку в противном случае он может привести к отрицательным результатам.

Согласно непосредственному анализу, содержание золы выше для биохара гуанабана. Это объясняет увеличение проводимости и мутности в растворах сульфата меди после

процесса фильтрации. Согласно лабораторным исследованиям, проведенным с использованием пентагидратированного медного сульфата и горнодобывающей воды с присутствием железа, биохары гуанабана и гуайява при 400 °C были более эффективными по сравнению с биохарами, полученными при 500 °C включительно, в различных испытаниях биохары при 400 °C были более эффективными, чем активированный уголь. Таким образом, делается вывод о том, что биохары при 400 °C эффективны при испытаниях, проводимых с использованием сульфата меди и воды с присутствием железа.

Что касается себестоимости производства, то, как отмечается в табл. 8, стоимость на килограмм биохара относительно невелика по сравнению с активированным углем. Таким образом, делается вывод о том, что производство биохара экономически осуществимо. Поведение биохара похоже на активированный уголь, однако его стоимость ниже, что оказывается большим потенциалом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cordy P, Veiga MM, Salih I, Al-Saadi S, Console S, Garcia O, Mesa LA, Velasquez-Lopez PC, Roeser M.* Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: the world's highest per capita mercury pollution. Sci Total Environ 2011; 410-411:154-160.
2. Ministerio de Desarrollo Económico, 2000. Reglamento tecnico del sector del Agua Potable y Saneamiento Basico (RAS-2000), Seccion II, Titulo E, Tratamiento de Agua Residuales, Bogotá.
3. *Giovanni A. López E. Uribe M.*. Activación del carbón mineral mediante proceso fisico en horno tubular horizontal y atmósfere inerte, 2013.
4. *O. Ioannidou and A. Zabaniotou* Agricultural residues as precursors for activated carbon production - A review. Renew. Sustain. Energy Rev., 2007. Vol. 11. No. 9. Pp. 1966-2005.
5. *J. Mcdougall* The physical nature and manufacture of activated carbon, J. south african Inst. Min. Metall. 1991. Vol. 91. No. 4. Pp. 109–120.
6. *M. Ahmedna, W. E. Marshall, and R. M. Rao*, Production of granular activated carbons from select agricultural by-products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties, Bioresour. Technol. Vol. 71. Pp. 113–123, 2000.
7. *R. Arriagada, G. Bello, R. García, F. Rodríguez-Reinoso, and A. Sepúlveda Escribano*, 2005. Carbon molecular sieves from hardwood carbon pellets. The influence of carbonization temperature in gas separation properties, Microporous Mesoporous Mater. Vol. 81. N. 1–3. Pp. 161–167.
8. *H. Huang, Y. Wang, and F. S. Cannon*, Pore structure development of in-situ pyrolyzed coals for pollution prevention in iron foundries, Fuel Process. Technol., 2009. Vol. 90. No. 9. Pp. 1183–1191.
9. *K. Dalai, A. I. Chowdhury, E. S. Hall, J. Zaman, and E. L. Tollefson*, Activation of Canadian coals in a fixed bed reactor and an internally stirred horizontal kiln, Fuel, 1996. Vol. 75. No. 3. Pp. 384–392.
10. *Linares Solano, I. Martın Gullon´ , C. Salinas Martınez de Lecea´ , and B. Serrano Talavera,* 2000. Activated carbons from bituminous coal: effect of mineral matter content, Fuel. Vol. 79. No. 6. Pp. 635–643.
11. *Mohan D.* Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent – A critical review," Bioresource Technology, 2014. Vol. 160. Pp. 191-202
12. *Wang, Z., Guo, H., Shen, F*. Biochar produced from oak sawdust by Lanthanum (La)-involved pyrolysis for adsorption of ammonium, nitrate and phosphate. Chemosphere, 2015. Vol. 119. Pp. 646-653.
13. *Tejada-Tovar C, Villabona-Ortiz Á, Garcés-Jaraba L.* Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*. 2015.

14. *Morón S, Fox DL, Feinberg JM*, 2013. Climate change during the Early Paleogene in the Bogotá Basin (Colombia) inferred from paleosol carbon isotope stratigraphy, major oxides, and environmental magnetism.
15. *Brewer C., Schmidt-Rohr K., Satrio J., Brown R.,* 2009. Characterization of biochar from fast pyrolysis and gasification systems, Environmental Progress & Sustainable Energy.
16. *Toro J. Requena, I. Duarte O. and M. Zamorano* A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. M. 2013.
17. *Paco D. Abenza*. Facultat de ciéncies Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta, producción de biochar. 2012.
18. *Vidal-Lezama, E.; Vidal M. N. A.; Vidal H. L.* Anonáceas. Plants antiguas. Estudios resientes, Parte 2. Universidad Autónoma Chapingo. 2015.
19. *Salazar C.* Pasteurización con microondas de néctar de guayaba: estabilidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial. [Trabajo de grado]. Cholula, México: Universidad de las Américas Puebla. 2011.
20. *Wang et al.* Eliminacion de arsénico por biochar magnético preparado a partir de madera de pino y hematites naturales. 2015.
21. *Wang, Z., Guo, H.,Shen, F., et al.* Biochar produced from oak sawdust by Lanthanum (La)-involved pyrolysis for adsorption of ammonium, nitrate and phosphate. Chemosphere. 2015. Vol. 119. Pp. 646-653.

УДК 556.012

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ КЛАССА КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ТУРЫ, ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ, ПРОЦЕССОВ НИТРИФИКАЦИИ И САМООЧИЩЕНИЯ

Зенкова К.И.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
kseniya.zenkova@mail.ru

Ключевые слова: водная экосистема, экологическая реабилитация водных объектов, загрязнение реки, система оценки качества воды, показатель антропогенной нагрузки, удельный комбинаторный индекс загрязненности воды, индекс качества воды, агрегационный индекс, индекс нитрификации, способность к самоочищению, степень загрязнения

Рассмотрены наиболее распространенные российские и зарубежные методики по оценке качества воды в реке. Для принятия решения о проведении реабилитационных мероприятий выполнена оценка качества реки на разных участках по следующим системам оценки класса качества воды: УКИЗВ (удельный комбинаторный индекс загрязненности воды), ПАН (показатель антропогенной нагрузки), ИКВКМ (индекс качества воды Канадского министерства), ИКВНСЗ (индекс качества воды национального санитарного законодательства США). Оценка уровня загрязнения воды проводилась по полученным значениям агрегационного индекса и индекса нитрификации, характеризующего способность к самоочищению.

COMPARISON OF THE WATER QUALITY CLASS ASSESSMENT METHODS (THE TURAL RIVER AS A STUDY CASE), ASSESSMENT OF WATER POLLUTION LEVEL, PROCESSESS OF NITRIFICATION AND SELF-PURIFICATION

Zenkova K.I.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Ekaterinburg, Russia
kseniya.zenkova@mail.ru

Key words: aquatic ecosystem, ecological rehabilitation of water bodies, river pollution, water quality assessment system, anthropogenic load indicator, specific combinatorial water pollution index, water quality index, aggregation index, nitrification index, self-cleaning ability, degree of pollution

The most common Russian and foreign methods for assessing the quality of water in a river are considered. To make a decision on conducting rehabilitation measures, river quality was assessed at different sites using the following water quality class assessment systems: SCIWP (specific combinatorial index of water pollution), IAL (indicator of anthropogenic load), (CCME) WQI (Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index), (NSF) WQI (National Sanitation Foundation Water Quality Index). Assessment of the level of water pollution was carried out according to the obtained values of the aggregation index and nitrification index, which characterizes the ability to self-clean.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует множество методик оценки качества воды по гидрохимическим показателям. В Российской Федерации класс качества воды по степени загрязненности водного объекта может быть оценен в соответствии с РД 52.24.643-2002 [1].

Исследователи используют и другие методики оценки качества воды по гидрохимическим показателям, но они основаны на расчете классов качества относительно предельно-допустимых концентраций в воде водных объектов рыбохозяйственного или хозяйственно-бытового назначения.

Другим вариантом оценки класса качества воды является оценка по показателю антропогенной нагрузки (ПАН) в соответствии с методикой, описанной в ГОСТ Р 57075-2016 [2]. Этот метод основан на отношении измеренных концентраций веществ к соответствующим целевым показателям, значение которых соответствует концентрации показателей по *i*-му типу воздействия, достижимых при использовании наилучших доступных технологий и удовлетворяющее условиям предотвращения деградации качества воды поверхностного водного объекта [3].

На примере реки Туры было проведено сравнение получаемых классов качества воды по вышеуказанным методикам. Помимо российских подходов к решению поставленной задачи, использовались зарубежные методики: канадская и американская [4]**.**

Выполнена оценка токсичности воды по величине агрегационного индекса и интенсивности процессов самоочищения по величине индекса нитрификации в экосистеме водотока [6].

СТВОРЫ РЕКИ ТУРЫ

Створы наблюдений для исследования гидрохимических характеристик р. Туры и влияния хозяйственной деятельности предприятий представлены в табл. 1.

Табл. 1. Створы наблюдения на р. Туре (без притоков)

№ створа	Место расположения
1	Исток р. Туры, ст. Азиатская
1б	Р. Тура, г. В. Тура
2	Р. Тура, нижний бьеф Нижне-Туринского водохранилища
4	Р. Тура, 50 км ниже устья р. Выя
5	Р. Тура, 2,5 км выше устья р. Салды
6	Устье р. Салды
7	Р. Тура, 10 км ниже устья р. Салды, д. Меркушино
8	Р. Тура, 1 км выше устья р. Тагил
10	Р. Тура, 7 км ниже устья р. Тагил
11	Р. Тура, выше г. Туринска
11а	Р. Тура, 500 м ниже сброса сточных вод Туринского ЦБЗ
11б	Р. Тура, д. Луговое
12	Р. Тура, выше д. Туринская Слобода
14	Р. Тура, 4,5 км ниже устья р. Ницы
15	Р. Тура, г. Тюмень, Метелевский водозабор
15а	Р. Тура, 1,5 км ниже сброса сточных вод ЖКХ г. Тюмень
16	Р. Тура, 45 км ниже г. Тюмень, д. Борки
18	Р. Тура, ниже устья р. Пышмы, с. Покровское

Для исследования были выбраны периоды 2016 и 2017 гг. В 2016 г. для рассмотрения взяты сезоны: весна, лето, осень, в 2017 г. – зима, весна, лето, осень.

СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды

Обобщение полученных гидрохимических данных проводилось в соответствии с РД 52.24.643-2002 [1]. Метод комплексной оценки позволяет классифицировать воду по степени загрязненности с помощью удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) и критических показателей загрязнения (КПЗ). Чем больше число КПЗ, тем выше класс загрязненности воды при одинаковых значениях УКИЗВ.

В качестве норматива используются предельно допустимые концентрации вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов, а также водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – наиболее жесткие (минимальные) значения из списков.

Для расчета УКИЗВ использовались следующие показатели: растворенный кислород, органические вещества (по $БПК_5$ и ХПК), солесодержание, нефтепродукты, железо общее, ионы нитритов, нитратов, аммония, фосфатов, меди, марганца, цинка, ртути и свинца.

Полученные результаты представлены на рис. 1.

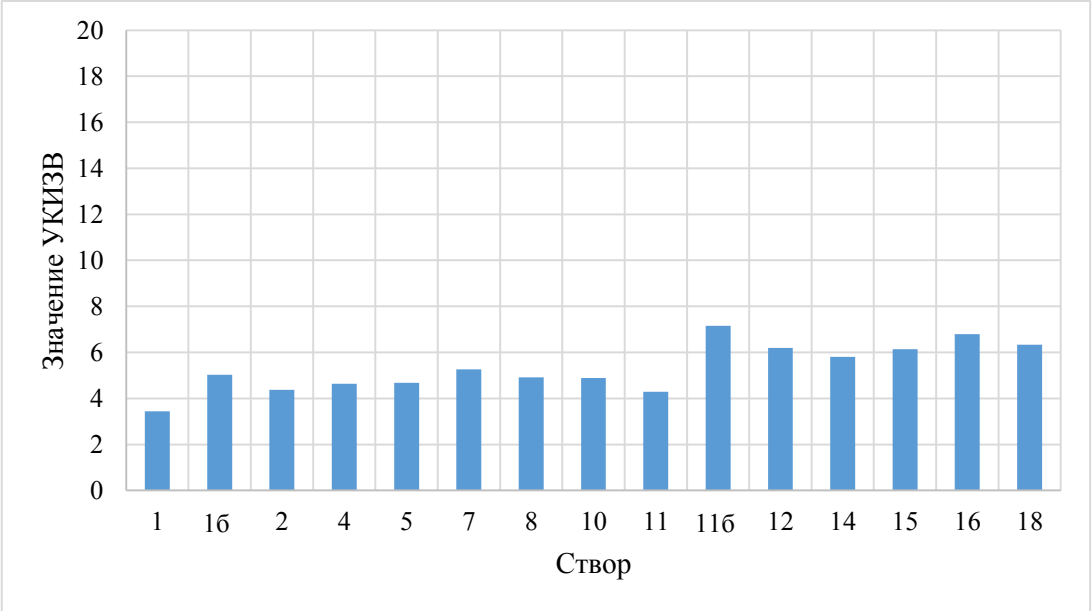


Рис. 1. Динамика изменения УКИЗВ по створам реки Туры за 2016–2017 гг.

Среди КПЗ чаще всего встречаются ионы Cu^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+} и железо. Класс качества воды в створах реки Туры достигает значений 4-5 и варьирует от грязной в створах 1–5, 11 до экстремально грязной в створах 11а, 11б и 16.

Показатель антропогенной нагрузки (ПАН)

Оценка класса качества воды по ПАН проводится в соответствии с [2]. Для расчета ПАН использовался тот же перечень показателей, что и для расчета УКИЗВ.

Результаты полученных значений среднегодового ПАН представлены на рис. 2, 3. Среди основных показателей, вносящих вклад в загрязнение, можно выделить: ХПК, азот нитритов, взвешенные вещества, марганец и железо. Зеленой линией на рис. 2, 3 показана граница очень чистой воды (1 класс качества), желтой – чистой (2 класс качества), оранжевой – умеренно загрязненной (3 класс качества).

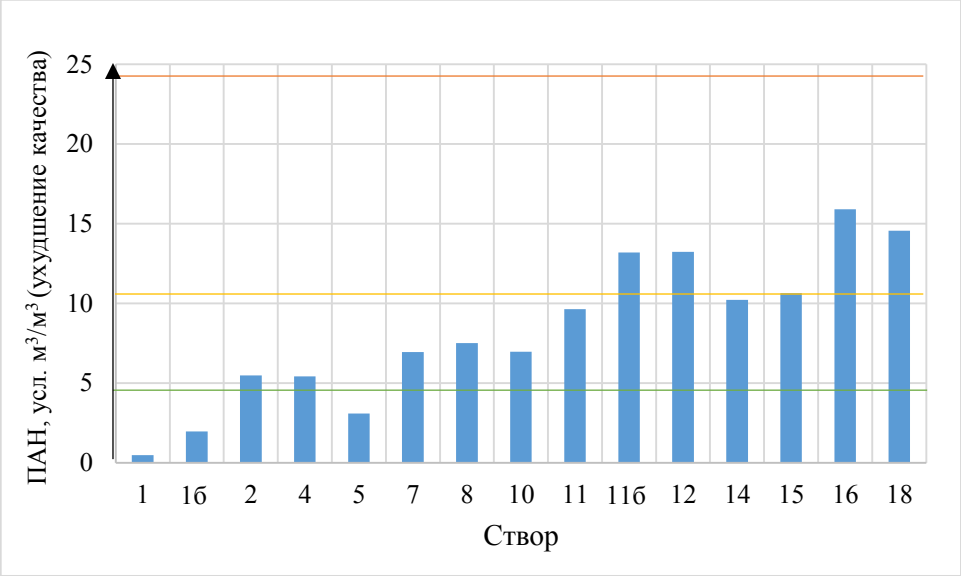


Рис. 2. Динамика изменения ПАН по створам реки Туры за 2016 год

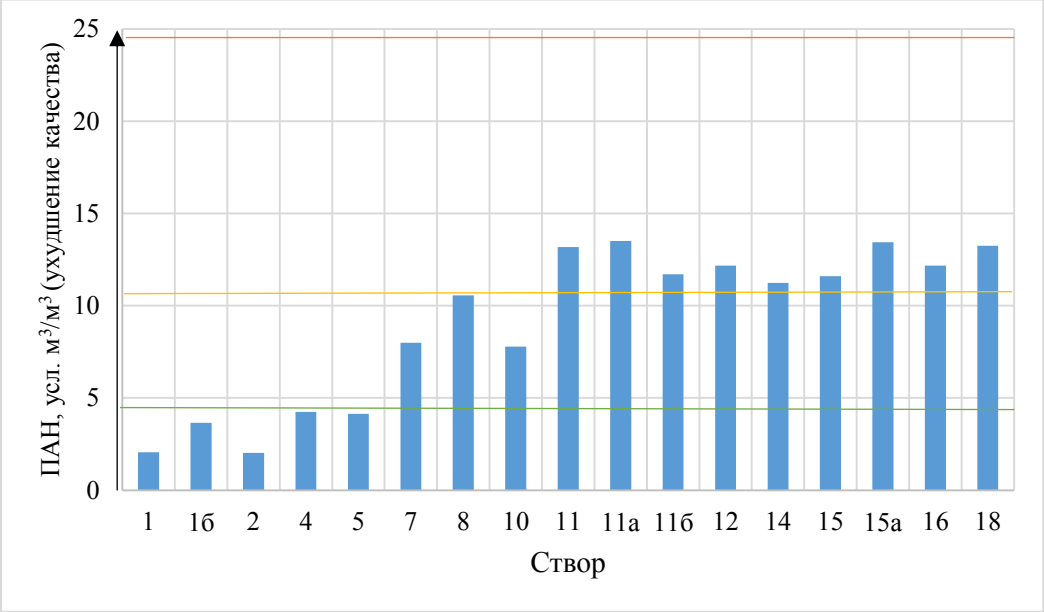


Рис. 3. Динамика изменения ПАН по створам реки Туры за 2017 г.

ИКВКМ – индекс качества воды Канадского министерства

Согласно методике, приведенной в [4], ИКВКМ рассчитывается по формуле, учитывающей число показателей, не соответствующих целевым показателям и число случаев превышения.

Расчет проводили по всем исследуемым створам реки Туры за 2016 и 2017 гг. Для расчета взяли следующие показатели: ВВ (взвешенные вещества), железо, марганец, фосфор общий, ХПК, азот аммония, pH, СС (солесодержание или сухой остаток), азот нитратов, азот нитритов – общие показатели и металлы: цинк, свинец, ртуть, медь.

Для расчета были взяты те же значения целевых показателей, что и для расчета ПАН [2]. В соответствии с этим определен класс качества воды.

Полученные результаты представлены на рис. 4, 5.

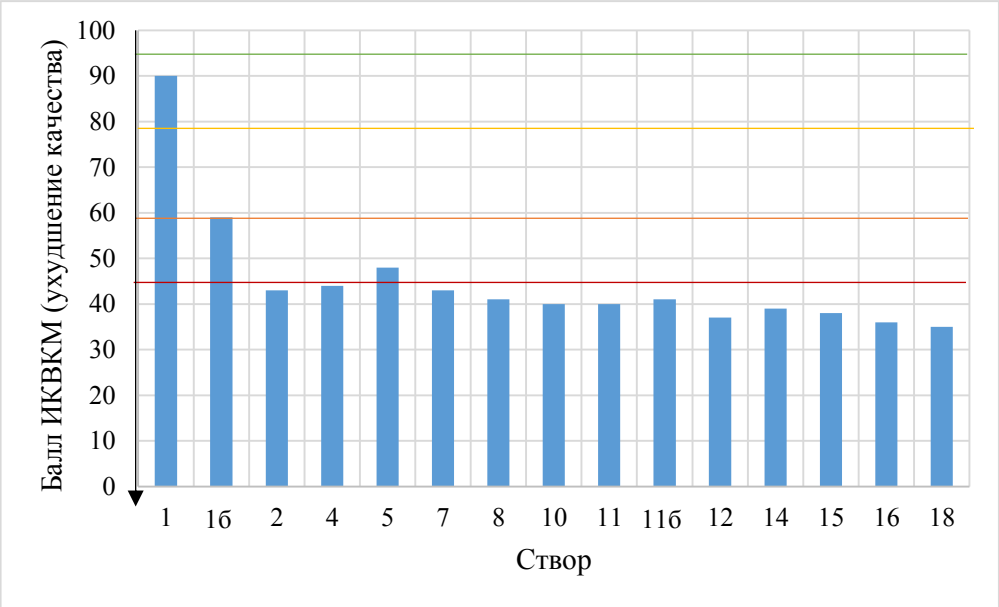


Рис. 4. Динамика изменения ИКВКМ по створам реки Туры за 2016 год (красной линией здесь и далее на рисунке 5 показана граница плохого качества воды, оранжевой – предельного, желтой – неплохого, зеленой – хорошего).

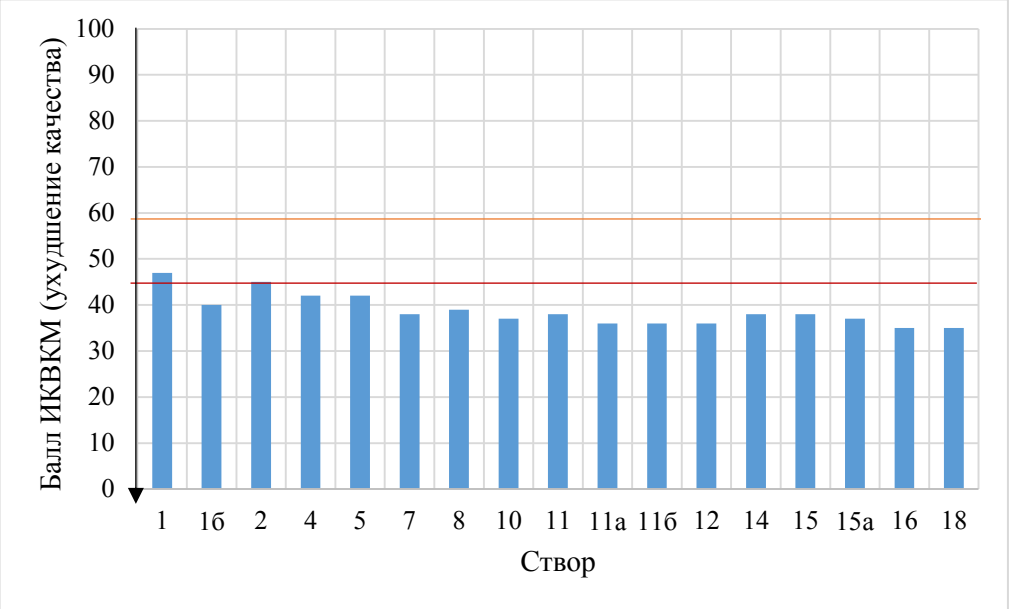


Рис. 5. Динамика изменения ИКВКМ по створам реки Туры за 2017 г.

ИКВНСЗ – Индекс качества воды национального санитарного законодательства США

Согласно методике, приведенной в [4], ИКВНСЗ рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИКВ} = \sum_{i=1}^{n} Q_i W_i,$$

где Q_i – субиндекс для i-ого параметра качества воды;

W_i – вес соответствующего i-ого параметра качества воды.

Предлагаемый способ сравнения качества воды различных водных объектов основывается на 9 параметрах: температура, pH, мутность (взвешенные вещества),

фекальные колиформные бактерии, растворенный кислород, БПК, фосфор общий, нитрат-ион и сухой остаток. Каждый из этих параметров имеет свое значение весового коэффициента, Q. В данном случае при расчете не учитывали только количество кишечных палочек.

По фактическим значениям показателей, учитываемых при расчете, по весовым кривым графическим способом был определен W_i – вес соответствующего i-ого параметра качества воды. После расчета ИКВ по каждому показателю за сезон, значения ИКВ по всем показателям суммировались и находилось общее значение.

Данные были получены для створов реки Туры за каждый сезон 2017 г. (зима, весна, лето, осень) и 2016 г. (весна, лето, осень). На рис. 6, 7 представлены среднегодовые значения ИКВНСЗ.

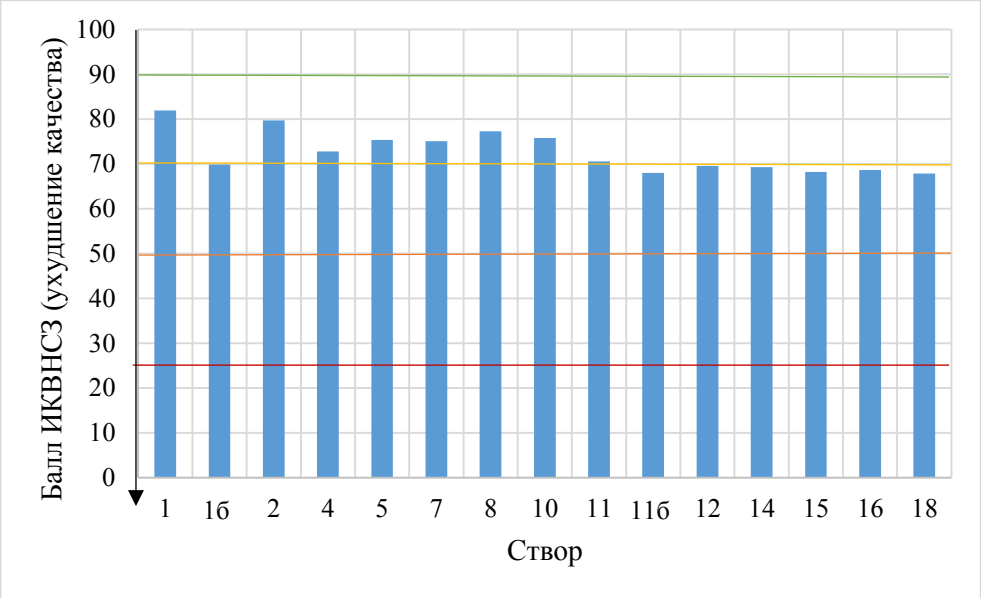


Рис. 6. Динамика изменения ИКВНСЗ по створам реки Туры за 2016 г. (красной линией здесь и далее на рис. 7 показана граница очень плохого качества воды, оранжевой – плохого, желтой – среднего, зеленой – хорошего).

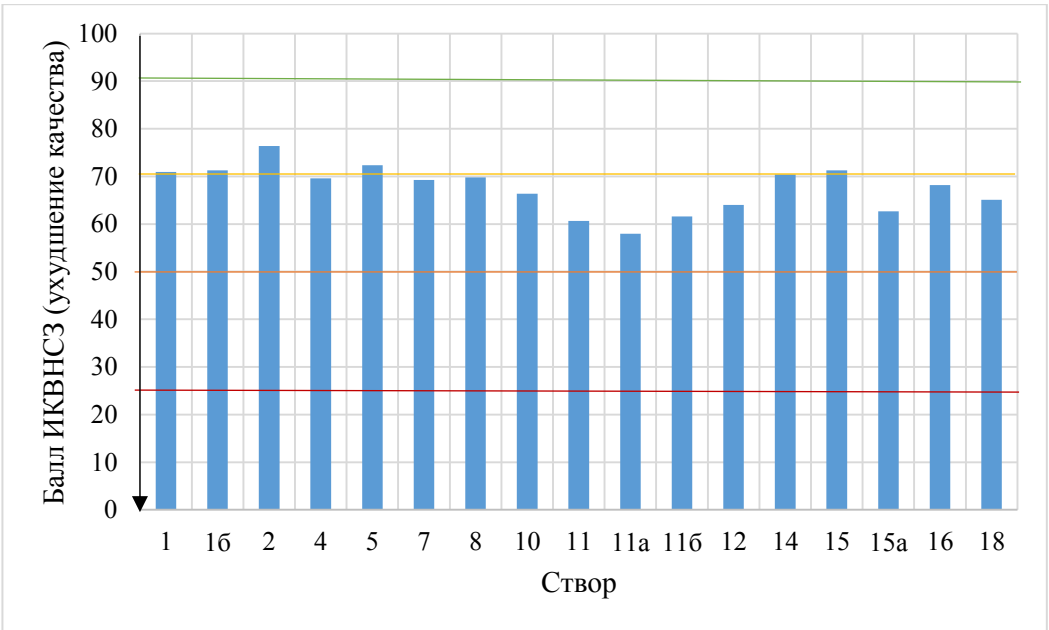


Рис. 7. Динамика изменения ИКВНСЗ по створам реки Туры за 2017 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОКСИЧНОСТИ И СПОСОБНОСТИ К САМООЧИЩЕНИЮ

Самоочищающую способность экосистемы водотока оценивали по интенсивности процессов нитрификации в воде. Интенсивность процессов нитрификации $I_{нитр.}$ определяли по отношению концентрации азота нитратного $N(NO_3^-)$ к концентрации азота общего минерального $N_{мин.}$ [6, 7].

$$I_{нитр} = N(NO_3^-) \cdot 100/N_{мин}, \%\ ,$$

где $N_{мин} = N(NO_3^-) + N(NO_2^-) + N(NH_4^+)$.

Токсичность воды оценивали по величине агрегационного индекса $I_{агр}$ [8]:

$$I_{агр} = \sum \frac{Ci}{ПДКi}\ ,$$

где C_i – концентрации в воде различных соединений азота, мг/дм^3; $ПДК_i$ – предельно допустимые концентрации (ПДК) этих соединений азота для водных объектов рыбохозяйственного значения, мг/дм^3.

Данные были получены для всех сезонов за двухгодичный период обследования створов: 2016 и 2017 гг. На рис. 8 представлена динамика агрегационного индекса в экосистеме реки Туры за осень 2017 г. Табл. 2 содержит данные по динамике интенсивности процессов нитрификации и самоочищающей способности в экосистеме реки Туры за тот же период времени.

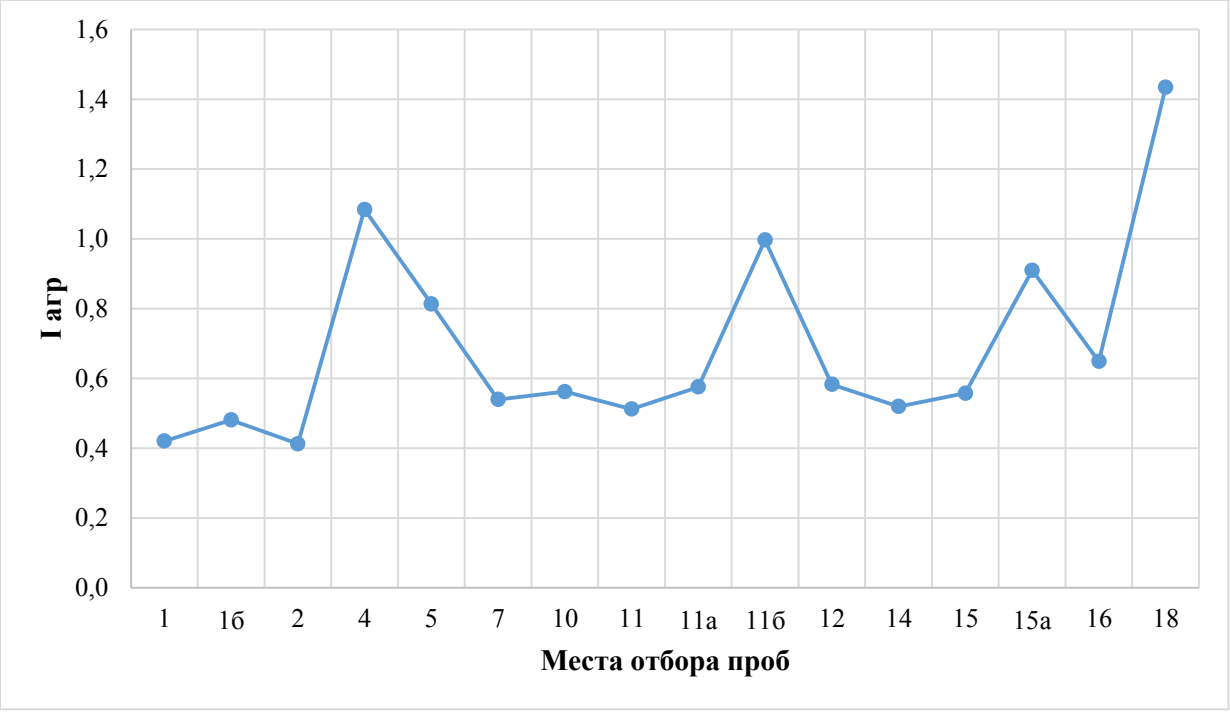


Рис. 8. Динамика агрегационного индекса в экосистеме р. Туры осенью 2017 г.

Из рисунка следует, что большинство из исследуемых створов являются нетоксичными, лишь в створах 4 и 18 проявляется слабая токсичность, соответствующая по классификации СЭВ второму классу качества воды [5].

Табл. 2. Динамика индекса нитрификации и самоочищающей способности экосистемы р. Туры осенью 2017 г.

Места отбора проб	Агрегационный индекс	Индекс нитрификации, %	Способность к самоочищению	Степень загрязнения водоемов
1	0,42	78,81	ниже средней	загрязненные
1б	0,48	84,94	Средняя	умеренно загрязненные
2	0,41	68,36	ниже средней	загрязненные
4	1,08	98,70	очень высокая	очень чистые
5	0,81	98,80		
7	0,54	96,51	высокая	чистые
10	0,56	96,98	очень высокая	очень чистые
11	0,51	95,67	высокая	чистые
11а	0,58	94,99	средняя	умеренно загрязненные
11б	1,00	81,42	ниже средней	загрязненные
12	0,58	96,75	высокая	чистые
14	0,52	95,94		
15	0,56	96,12		
15а	0,91	95,64		
16	0,65	95,97		
18	1,43	70,66	ниже средней	загрязненные

Достоинства и недостатки используемых для исследования методик представлены в табл. 2.

Табл. 2. Достоинства и недостатки рассмотренных методик

Характеристики сравнения	Методы			
	УКИЗВ	ПАН	ИКВКМ	ИКВНСЗ
Сезонная динамика	-	+	-	+
Трудоемкость расчета	+	-	+	+
Выявление показателей, вносящих вклад в интегральный показатель	+	+	+	-
Определенный набор базовых показателей	-	+	-	+
Чувствительность метода	-	+	-	-
Учет токсичности (биотестирование)	-	+	-	-

ВЫВОДЫ

Во-первых, для рассмотрения обязательно должен быть взят определенный набор базовых показателей. Недостатком американской системы (метод ИКВНСЗ) является отсутствие в перечне базовых показателей нитрит-ионов (они являются токсичными, способны вызывать мутагенные реакции у биоты, населяющей водный объект).

Во-вторых, важна сама методика расчета: применение статистического аппарата (методы УКИЗВ, ИКВКМ) приводит к снижению чувствительности метода. Важны целевые показатели и механизм расчета: расчет ИКВКМ был выполнен относительно целевых показателей ПАН, что могло привести к потере чувствительности метода. Самой чувствительной методикой из всех рассмотренных является оценка качества воды по ПАН, так как данная система выявляет эффекты деградации экосистемы.

В-третьих, важно учитывать сезонную динамику. Так, методы УКИЗВ и ИКВКМ это не учитывают, расчет проводится за период 2016–2017 гг., то есть за 2 года.

В-четвертых, важную роль играют значения, относительно которых производится расчет – $ПДК_{рх}$. Значения базовых показателей по $ПДК_{рх}$ в соответствии с классификацией водных объектов СЭВ [5] попадают в диапазон 2-4 классов опасности, в связи с чем УКИЗВ не показывает негативного воздействия по солесодержанию (СС), соединениям азота.

Главной проблемой сопоставления полученных результатов по определению качества воды согласно шкале каждой рассмотренной методики является несоответствие классов качества и значений показателей, которые берутся для расчета.

Выполнена оценка токсичности воды по величине агрегационного индекса и интенсивности процессов самоочищения по величине индекса нитрификации в экосистеме водотока. Показано, что воды р. Туры в большинстве створах являются слабо токсичными, некоторые характеризуются отсутствием токсичности, так как значение агрегационного индекса не превышает единицу, в некоторых створах была выявлена острая токсичность с соответствием третьему и выше классу качества воды по классификации СЭВ (токсичность, балл) [5]. Установлено, что самоочищающая способность реки варьирует от очень низкой до высокой. На большей части своего протяжения водоток характеризуется низкой самоочищающей способностью и степенью загрязнения водоемов – очень загрязненные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: РД 52.24.643-2002: утв. и введ. Росгидрометом 03.12.02. Ростов-на-Дону, 2002.
2. ГОСТ Р 57075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности». М., Стандартинформ, 2016.
3. Разработка научно-методических основ перехода к принципу наилучших доступных технологий. Этап 2 // Отчет о НИР по базовому проекту 12 фцп-М3-01 / ФГУП РосНИИВХ, рук. А.Н. Попов. Екатеринбург, 2014.
4. *Shweta Tyagi, Bhavtosh Sharma, Prashant Singh, Rajendra Dobhal,* «Water Quality Assesment in Terms of Water Quality Index», *American Journal of Water Resources, 2013, Vol. 1, No. 3, 34-38.*
5. Единые критерии качества вод. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ. М.: СЭВ, 1982. 69 с.
6. *Шаров А.Ю., Чеснокова С.М., Трифонова Т.А.* Оценка уровня загрязнения воды, процессов нитрификации и самоочищения от ионов аммония в малом водотоке Илевна // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17. Вып. 4. С. 469–474.
7. *Злывко А.С.* Исследование загрязнения и самоочищающей способности экосистем малых водотоков урбанизированных территорий: автореф. … дис. канд. биол. наук. Владимир, 2013. 24 с.
8. *Лаврентьева Г.В., Рева Е.В., Сынзыныс Б.И., Мирзеабасов О.А., Рогуленко А.В.* Технология оценки экологического риска для малой реки // Вестн. Российской академии наук. 2011. № 4. С. 28–36.

УДК 556.537

БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ С БЛАГОУСТРОЙСТВОМ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ НА ИССЛЕДУЕМОМ УЧАСТКЕ ВОДОЗАБОРА ТЭЦ-2 НА РЕКЕ УФА

Камалетдинова Л.А., Гайсин И.З.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, г. Уфа, Россия
lili-xa@yandex.ru

Ключевые слова: водосбор, конструктивная схема, посадка уровня, берегоукрепительные работы, продольная дамба, паромная переправа.

Проанализированы проблемы посадки уровня воды на исследуемом участке водосбора ТЭЦ-2 на реке Уфа и предложены конструктивные схемы по поддержанию текущего уровня на исследуемом участке с благоустройством береговой линии.

BANK PROTECTION WITH THE BANK LINE ARRANGEMENT AT THE SITE OF WATER INTAKE OF THERMAL POWER PLANT-2 AT THE UFA RIVER

Kamaletdinova L.A., Gaysin I.Z.
RosNIIVH Bashkir Branch, Ufa, Russia
lili-xa@yandex.ru

Key words: catchment, constructive scheme, water level landing, shore protection, longitudinal dam, ferry.

The problems of landing the water level in the studied area of the catchment of TPP-2 on the Ufa River were analyzed and constructive schemes were proposed for maintaining the current level in the studied area with the improvement of the coastline.

В настоящее время в результате интенсивной хозяйственной деятельности человека ухудшился гидрологический режим и активизировались процессы переформирования русел рек. Гидрологическая ситуация на реках дополнительно осложнилась длительным маловодным периодом, начавшимся в 2007 г. Основные негативные последствия вышеназванных процессов для р. Уфа проявились в ухудшении условий водозабора и в уменьшении репрезентативности данных гидрологических наблюдений прошлых лет.

В целях улучшения гидрологической ситуации на одном из водозаборов города Уфа, береговой насосной станции ТЭЦ-2, разработаны конструктивные схемы по защите реки Уфа в районе ТЭЦ-2 от посадки уровня воды, а также предусмотрено благоустройство береговой линии исследуемого участка.

Научно-инновационный проект основывается на исследованиях в рамках Государственного задания № 6 «Исследование и разработка мероприятий по предотвращению русловых деформаций и снижению размывов дна и берегов реки Уфа в районе г. Уфа», выполненных Башкирским филиалом ФГБУ РосНИИВХ в 2017–2019 гг. В рамках задания были исследованы характеристики нижнего течения реки Уфа и водозаборов, современный гидрологический режим реки Уфа и его связь с расходами Павловского водохранилища. Изучены посадка уровня воды и причины посадки, а также параметры русловых процессов и динамика русловых деформаций.

Результаты исследований показали, что основной проблемой водозабора насосной станции ТЭЦ-2 является посадка уровня воды. Сопоставление величин посадки уровня воды и объемов добычи ПГС показало прямую и устойчивую зависимость между ними [2,

3]. В настоящее время наблюдается стабилизация посадки уровня от добычи ПГС, тем не менее уровень воды р. Уфа в районе водозабора ТЭЦ-2 понизился до таких отметок, что стал сильно зависеть от режимов регулирования Павловского водохранилища и водности р. Уфа. Если уровень воды снизится до отметки верха всасывающего оголовка насосной станции или ниже, работа насосной станции может быть остановлена, что повлечет за собой экономические убытки. Также на исследуемом участке ТЭЦ-2 происходит не только забор воды на технические нужды, но и функционирует паромная переправа, предназначенная для транспортировки пассажиров через реку Уфа. Она остается очень востребованным видом транспорта, так как является быстрейшим средством перемещения через реку. На сегодняшний день на исследуемом участке паромная переправа не обустроена необходимой инфраструктурой, не облагорожена береговая линия, что значительно понижает качество использования объекта и увеличивает риск возникновения опасной ситуации пользователям паромной переправы.

В данном научно-инновационном проекте рассматриваются берегоукрепительные работы по защите реки Уфа в районе ТЭЦ-2 от посадки уровня воды с благоустройством береговой линии на исследуемом участке.

Для решения имеющихся проблем были предложены конструктивные схемы по поддержанию текущего уровня на исследуемом участке ТЭЦ-2. После анализа конструкций нами предлагается оптимальный вариант – сужение поперечного сечения реки в створе продольными дамбами.

Устройство продольной дамбы с креплением берегов и дна производится поэтапно:

1. Продольная дамба устраивается на противоположном (левом) берегу от водозабора. После начала эксплуатации дамбы организуется мониторинг состояния берегов и дна. В случае активизации русловых процессов начинается следующий этап строительства.

2. Укрепление правого берега и дна в районе водозабора. Здесь могут быть выбраны несколько способов крепления: каменно-набросная, матрацы Рено, габионы. Крепление дна и берегов предусматривается от створа начала продольной дамбы до створа стабилизации скорости потока (без стеснений русла). Расстояние уточняется после строительства самой дамбы (перед вторым этапом). Устройство крепления дополнительно сузит русло. Вследствие этого дополнительно повысится уровень воды.

Влияние строительства новых защитных сооружений на русловые процессы не прогнозируется. Тип руслового процесса при устройстве предложенных выше защитных сооружений не изменится.

После проведения инженерно-технических работ следующим этапом предлагается провести облагораживание береговой линии исследуемого участка.

Благоустройство береговой линии будет включать в себя[5, 6]: объединение грузовой и пассажирской переправ, находящихся на правом берегу, ремонт и расширение дорог до двух полос, ремонт причалов, строительство подъездов к ним, площадки для высадки и посадки пассажиров, надземного пешеходного перехода. Расширения дороги, ремонт и разработка схемы организации дорожного движения, с учетом условий и соблюдений требований и национального стандарта, позволят увеличить пропускную способность паромной переправы и снизить количество аварийных ситуаций.

Причалы паромных переправ и подъезды к ним будут оснащены служебными и санитарно-бытовыми помещениями, павильонами ожидания, мужскими и женскими туалетами, емкостями для сбора мусора, средствами регулирования движения автотехники, освещением в темное время суток, светофорами или шлагбаумами, аварийно-спасательным инвентарем.

Для реконструкции левого берега исследуемого участка, на котором предусмотрено строительство продольной дамбы, и крепление берега каменной наброской предлагается следующее:

1) Причал устраивается из монолитного железобетона, упором для которого будет служить стенка из свай. Таким образом, исключается его обрушение. Устройство свай предлагается в два ряда. Ряды устраиваются в начале и конце причала.

2) Для фиксации свай предусматривается устройство шапочного бруса из монолитного железобетона.

Также на причалах устанавливаются автоматические гидрометрические датчики, позволяющие считывать скорость потока реки в реальном времени. От датчиков автоматических измерителей скорости сигнал отправляется на компьютер, установленный на самоходном пароме, что позволит парому самостоятельно регулировать скорость и направление движения, в зависимости от скорости течения реки. Самоходный паром будет привязан к спутниковой системе навигации, позволяющей отследить и откорректировать движение парома. В случае критического увлечения скорости течения (связанного с опасными природными ситуациями), автоматическая система позволит закрыть проезд к переправе.

Парковка и запроектированная инфраструктура позволят не только сделать более комфортным время ожидания парома, но и обезопасит пользователей парома от неблагоприятных и аварийных ситуаций. Автоматизированные системы контроля пассажиропотока позволят уменьшить время ожидания парома, оптимизировать его работу.

В результате проведения инженерно-технических работ по сужению русла реки и укреплению берегов и дна, достигается локальный подъем уровня р. Уфа в межень на 0,5 м. Отметка уровня воды в межень составит 83,5 мБС. Предложенный проект комплексного благоустройства участка береговой линии повысит комфортность использования муниципального объекта (паромной переправы), обезопасит пользователей парома от опасных и аварийных ситуаций, улучшит экологическую и санитарно-гигиеническую ситуацию и порадует жителей города в эстетическом плане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидротехнические сооружения / Н.П. Розанов, Я.В. Бочкарев, В.С. Лапшенков и др.// Под ред. Н.П. Розанова. М.: Агропромиздат, 1985. 432с.
2. Рекомендации по учету русловых, пойменных и береговых деформаций, волновых и ледовых воздействий при проектировании фундаментов опор ЛЭП на переходах через реки и водохранилища. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1973. 178 с.
3. Рекомендации по учету деформаций речных русел при проектировании инженерных сооружений на реках зоны БАМ. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1983. 137 с.
4. СТО ФГБУ «ГГИ» 52.08.31-2012. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. СПб: Изд-во «Глобус», 2012. 140 с.
5. ОДМ 218.2.036-2013. Методические рекомендации по устройству, ремонту, содержанию и эксплуатации паромных переправ и наплавных мостов. М.: Федеральное дорожное агентство, 2013. 140 с.
6. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения: нормативно технический материал. М.: Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу, 2004. 22 с.
7. СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения». М.: Минздрав России, 2002. 17 с.

УДК 504.61.054(470.23-25)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ РЕГУЛЯРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ГУП «ВОДОКАНАЛ СПБ» ЗА КАЧЕСТВОМ ВОДЫ

Клубов С.М.
Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Санкт-Петербург, Россия
klubov_stepan@mail.ru

Ключевые слова: водные объекты Санкт-Петербурга, особенности загрязненности водных объектов.

Показан подход к изучению особенностей загрязненности водных объектов с использованием данных регулярных наблюдений за качеством воды водных объектов крупнейшего водопользователя Санкт-Петербурга ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Использование данных организации обусловлено тем, что сеть станций регулярных наблюдений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» за качеством воды водных объектов в городе оказывается значительно шире, чем сеть станций регулярных наблюдений регионального управления Росгидромета. В работе произведен анализ влияния выпусков ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на качество воды в водном объекте.

THE SAINT PETERSBURG WATER BODIES' POLLUTION ASSESSMENT WITH THE USE OF THE «VODOKANAL SPB» DATA OF REGULAR OBSERVATIONS OF THE WATER QUALITY

Klubov S.M.
Saint-Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg, Russia
klubov_stepan@mail.ru

Key words: water bodies of St. Petersburg, specific features of water bodies' pollution.

The study shows an approach to studying the features of water pollution using data from regular observations of water quality of water bodies of the largest water user of St. Petersburg «Vodokanal of St. Petersburg». The use of the organization's data is due to the fact that the networks of stations of regular observations of sue «Vodokanal SPb» for water quality of water bodies in the city is much wider than the network of stations of regular observations of the regional Department of Roshydromet. The study analyzes the impact of sue «Vodokanal SPb» releases on the water quality in the water body.

Гидрографическая сеть Санкт-Петербурга (СПб) насчитывает около 47 водотоков [1]. Все водотоки города принадлежат водосборному бассейну Балтийского моря, оценкой загрязненности которого в последние десятилетия активно занимаются страны Балтийского региона. Состояние водотоков СПб влияет на загрязненность Балтийского моря [2].

Северо-западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЗУГМС) проводит исследования качества воды 13 водотоков в черте СПб ежемесячно [3]. Сеть станций наблюдений за качеством воды СЗУГМС охватывает менее половины водотоков города. Поэтому для оценки загрязненности водотоков имеет смысл использовать данные регулярных наблюдений за качеством воды крупнейшего водопользователя города – ГУП «Водоканал СПб» (более 1000 выпусков). Обязанностью организации, в соответствии с решениями о предоставлении водных объектов в пользование, является проведение регулярных наблюдения за качеством воды 38 водотоков города.

Целью исследования является оценка загрязненности городских водотоков с использованием данных регулярных наблюдений ГУП «Водоканал СПб» и СЗУГМС.

Для проведения исследования были изучены ежеквартальные отчеты ГУП «Водоканал СПб» за 2018 г. в Комитете по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности СПб (Комитет по природопользованию). По результатам регулярных наблюдений ГУП «Водоканал СПб» за качеством воды был рассчитан удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) для каждого створа отбора проб воды [4]. Для оценки влияния выпусков ГУП «Водоканал СПб» на загрязненность водотоков проанализирован гидрохимический состав и объемы сбрасываемых вод.

Данные о регулярных наблюдениях за качеством воды водотоков СЗУГМС опубликованы в ежегоднике Комитета по природопользованию «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге» [3]. В ежегоднике приводятся рассчитанные значения удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) для каждого створа отбора проб воды.

По результатам исследования, самыми загрязненными реками города, по данным ГУП «Водоканал СПб», являются реки Ивановка, Волковка, Новая (экстремально и очень грязные воды). Наименее загрязненная река города – р. Кузьминка (условно чистая вода). Вода в р. Неве является «слабо загрязненной». На вышеперечисленных реках нет створов регулярных наблюдений за качеством воды СЗУГМС. По данным СЗУГМС, самыми загрязненными реками являются Охта и Ижора. Наименее загрязнены: р. Мойка, Фонтанка и Малая Невка.

В большей степени, чем другие типы выпусков, негативное влияние на качество воды оказывают канализационные выпуски без очистки. Таких выпусков меньшинство. Большинство выпусков в водные объекты города являются дождевыми без очистки.

В ходе исследования установлено, что водотоки с низким средним расходом воды (менее 5-10 $м^3/с$) и небольшой протяженностью (до 5-10 км) оказываются более загрязненными, чем реки с бóльшим расходом воды и протяженностью при сопоставимых объемах сброса, по причине менее интенсивного разбавления сточных вод природными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нежиховский Р.А*. Река Нева и Невская губа. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981. 84 с.
2. Резолюция круглого стола «Роль муниципалитетов в регионе – Локальные планы по Выполнению Плана действий ХЕЛКОМ по Балтийскому морю (ПДБМ)» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.helcom.ru/baltic_sea_day/2018. 15.07.18
3. *Серебрицкий И.А., Григорьев И.А.* Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге. Санкт-Петербург: Сезам-принт, 2018. 448 с.
4. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: РД 52.24.643-2002: утв. Росгидрометом: ввод в действие с 03.12.2002. М.: 2002. 19 с.

УДК 528.88

ГИБРИДНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ЦЕЛЬЮ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПОДВЕРЖЕННЫХ НАВОДНЕНИЯМ

Курганович К.А, Кочев Д.В.
ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»,
г. Чита, Россия
denis.ko4ev@yandex.ru

Ключевые слова: наводнение, дистанционное зондирование, защита от наводнений, беспилотный летател
ьный аппарат, индексы, дешифрирование, трехмерное облако точек, реконструкция.

Наводнения являются одними из самых разрушительных стихийных бедствий. В вопросах противопаводкового риск-менеджмента на первый план выходит задача картографирования участков населенных пунктов, подверженных затоплению в период паводка, с целью выработки рационального режима их использования. Традиционно для этого используют методы гидрологических расчетов и гидродинамического моделирования, при этом возникает сложность в сопоставлении расчетных данных и реальных зон затопления из-за недостатка информации по последним. Данный недостаток можно устранить за счет анализа космических снимков реальных наводнений, произошедших в прошлом, а совместное использование средств беспилотных летательных аппаратов дает возможность получить актуализированную информацию об исследуемых объектах и построить детальную цифровую модель затапливаемой местности сверхвысокого пространственного разрешения.

A HYBRID METHOD OF THE PILOTLESS VEHICLES EARTH REMOTE SENSING DATA ANALYSIS IN ORDER TO MAP THE FLOOD RISKY TERRITORIES

Kurganovich K.A., Kochev D.V.
«Transbaikal State University», Chita, Russia
denis.ko4ev@yandex.ru

Key words: flood, remote sensing, flood protection, unmanned aerial vehicle, indices, interpretation, three-dimensional cloud of points, reconstruction.

Floods are among the most devastating natural disasters. In this regard, there is a need to map areas of populated areas prone to flooding during the flood period, in order to develop a rational mode of their use. Traditionally, the methods of hydrological calculations and hydrodynamic modeling are used for this, and there are difficulties in comparing data and real zones. This disadvantage can be corrected by analyzing satellite images obtained in the past, and the joint use of the means of unmanned aerial vehicles makes it possible to obtain up-to-date information about the objects under study and to construct a detailed digital model of the flooded area of super high spatial resolution.

Объектом исследования являются территории населенных пунктов, подверженные затоплению паводковыми водами рек в результате наводнения.

Цель работы – идентификация паводкоопасных территорий с использованием карт затопления сверхвысокого пространственного разрешения.

В работе произведен анализ методов дистанционного зондирования для определения зон затопления населенных пунктов. Отмечено, что наилучшим способом дешифрирования водных поверхностей является вычисление спектрального водного индекса MNDWI.

Показано, что пространственное разрешение снимков Landsat является недостаточным для картографирования зон затопления населенных пунктов. Поэтому в работе предлагается новый гибридный метод совмещения данных космической съемки реальных наводнений и высокодетальной съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Для паводкоопасных участков населенных пунктов с. Улеты (р. Ингода, р. Улетка) и г. Нерчинск (р. Нерча) Забайкальского края, которые ранее были подвержены затоплению в результате наводнений, построены зоны затопления высокой детальности и определены причины затопления жилого фонда в результате наводнения 2018 г. Для анализа космических снимков реальных наводнений обычно используются данные среднего пространственного разрешения (15–60 м), которые отличаются своей доступностью, широким временным диапазоном и простотой обработки. Однако пространственное разрешение таких снимков недостаточно для картографирования зон затопления населенных пунктов, для этого требуются снимки более высокой детальности (до нескольких сантиметров). Поэтому в работе предлагается новый гибридный метод совмещения данных космической съемки и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

В качестве объекта исследования выбраны паводкопасные районы с. Улеты (р. Ингода, р. Улетка) и г. Нерчинск (р. Нерча) Забайкальского края, которые ранее были подвержены затоплению в результате наводнений.

1 Методы дистанционного зондирования Земли для мониторинга наводнений

1.1 Характеристики спутников и сенсоров для исследования водных объектов

В настоящее время в практической деятельности по исследованию водных ресурсов используется ряд спутниковых систем дистанционного мониторинга, которые можно разделить на три группы – системы, позволяющие производить мониторинг плановых изменений границы береговой линии рек и озер, системы для мониторинга изменения уровней воды в водных объектах и системы для мониторинга свойств воды, таких как температура, наличие льда и органических соединений.

Мониторинг изменения береговой линии обычно проводится с использованием оптических систем дистанционного зондирования. Начиная с 1970-х гг. с запуска программы Landsat стали доступны данные систем среднего пространственного разрешения (порядка нескольких метров) – Landsat Multispectral Scanner (MSS), Landsat Thematic Mapper, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), System Pour l’ Observatoire de la Terre (SPOT), TERRA ASTER, China – Brazil Earth Resources Satellite (CBERS). Оптические датчики высокого разрешения Quickbird, IKONOS и GeoEye-1 позволяют получать и анализировать изображения, по детальности сравнимые с аэрофотосъемкой. Эти данные могут быть использованы для уточнения определения плановых границ водных поверхностей, и в качестве эталона для оценки применимости методик дешифрирования береговой линии по снимках с менее детальных систем. Тем не менее данные высокого пространственного разрешения имеют ряд недостатков – высокая стоимость, узкая полоса обзора, длительные интервалы перекрытия, которые составляют несколько месяцев. Эти недостатки ограничивают возможности их применения в целях мониторинга водных объектов.

Для использования в практической деятельности результатов оптического зондирования в среднем и высоком разрешении еще одним препятствием является облачность, которая создает сложности в получении долговременных и периодических рядов наблюдений за процессами. Использование данных низкого пространственного разрешения систем Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) и Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) позволяет решить проблему периодичности из-за высокого временного разрешения.

Уровень воды также является важной характеристикой гидрологического режима водных объектов. Для дистанционного зондирования изменений высоты водной поверхности используется большая группа спутников радарной и лазерной альтиметрии, приоритетная цель которых – исследование океанов, но и в области мониторинга вод суши информация с

альтиметрических спутников получила широкое использование. В настоящее время основными системами радарной альтиметрии являются Jason-1, ERS-1/2 (European Remote Sensing Satellite), TOPEX (Ocean Topography Experiment), ENVISAT (Environmental Satellite). К недостатку радарных систем можно отнести низкое пространственное разрешение, превышающее несколько километров, поэтому их использование ограничено только для водных объектов большой протяженности. Наилучшим решением в данном случае выступает лазерная альтиметрия с пространственным разрешением в десятки метров в плане и несколько миллиметров по высоте, примером которой является Geoscience Laser Altimeter System (GLAS) спутника Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite (ICESat).

Использование данных дистанционного зондирования в гидрологических исследованиях не ограничивается мониторингом водной поверхности и уровней воды. Имеется возможность получать информацию о температуре воды за счет анализа тепловых инфракрасных каналов систем MODIS, AVHRR, Landsat, микроволновых сенсоров Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I), Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR), Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E). Сочетание информации с разных систем зондирования позволяет существенно расширить набор анализируемых данных.

Табл. 1. Характеристики спутников и сенсоров для исследования водных объектов

Спутник	Сенсор	Период нахождения на орбите	Пространственное разрешение	Временное разрешение
Мониторинг границ водной поверхности				
NOAA/TIROS	AVHRR	1978–н.в.	1000 м	1 день
TERRA	MODIS	1999–н.в.	250 м/1000 м	1 день
AQUA	MODIS	2003–н.в.	250 м/1000 м	1 день
Landsat 1	MSS	1972–1983	80 м	16 дней
Landsat 5	TM	1982–1999	30 м	16 дней
Landsat 7	ETM+	1999–н.в.	15/30/60 м	16 дней
Landsat 8	OLI	2013- н.в.	15/30/60 м	16 дней
CBERS-1/2	CCD	1999–н.в.	19.5 м	16 дней
TERRA	ASTER	1999–н.в.	15/30/90 м	16 дней
SPOT- 1–5	Pan/MS/SWI Multispectral	1986–н.в.	5/10/20 м	26 дней
IKONOS	Pan/MS Multispectral	1999–н.в.	1/4 м	3 дня
Мониторинг уровней воды				
ERS-1/2	RA	1991–2003	7 км	35 дней
ENVISAT	RA-2	2002–2008	2–10 км	35 дней
TOPEX	Poseidon	1992–2006	5 км	10 дней
Jason-1	Poseidon2	2001–н.в.	5 км	10 дней
ICESat	GLAS	2003–2009	70 м	8 дней
Мониторинг характеристик воды (температура, лед и т.д.)				
Nimbus-7	SMMR, SSM/I	1978–н.в.	825 м	5–6 дней
ERS-1/2	SAR	1991–2003	10 м	
TERRA/AQUA	MODIS	1999/2000–н.в.	250 м/1000 м	1 день
ENVISAT	MERIS	2002–2012	300 м	3 дня

1.2 Методы дешифрирования водной поверхности по данным дистанционного зондирования

Четкое дешифрирование водной поверхности является главным требованием при использовании данных ДЗЗ в исследовании водных объектов. Существует большое количество алгоритмов выделения водных поверхностей, включающих визуальную интерпретацию снимков, выявление пороговых значений разделения, методы тематической классификации, детектирование границ по анализу одного или сочетания нескольких

спектральных каналов изображения, методы спектральной трансформации и текстурного анализа. Кроме того, в настоящее время в задачах дешифрирования получают применение методы глубокого обучения, использование рекуррентных, сверточных и генеративно-состязательных нейронных сетей.

1.2.1 Методы разделения по пороговым значениям

Метод пороговости разделения является наиболее простым в использовании и малозатратным в вычислительном и временном плане. Метод выражается в определении пороговых значений интенсивности отражения водной поверхности и их пространственного распределения. При этом отделение водных объектов от других типов земной поверхности может вызвать трудности вследствие высокой пространственно-временной изменчивости спектральной отражающей способности воды. Поэтому пороговые оценки должны использовать не один спектральный диапазон, а сразу несколько и носить мультиспектральный характер. К таким способам оценки относятся спектральные индексы:

- NDWI – Normalized Difference Water Index (Нормализованный разностный водный индекс)
- MNDWI – Modified Normalized Difference Water Index (Модифицированный нормализованный разностный индекс)
- LSWI – Land Surface Water Index (Водный индекс поверхности суши)
- AWEI – Automated Water Extraction Index (Автоматизированный индекс выделения вод)

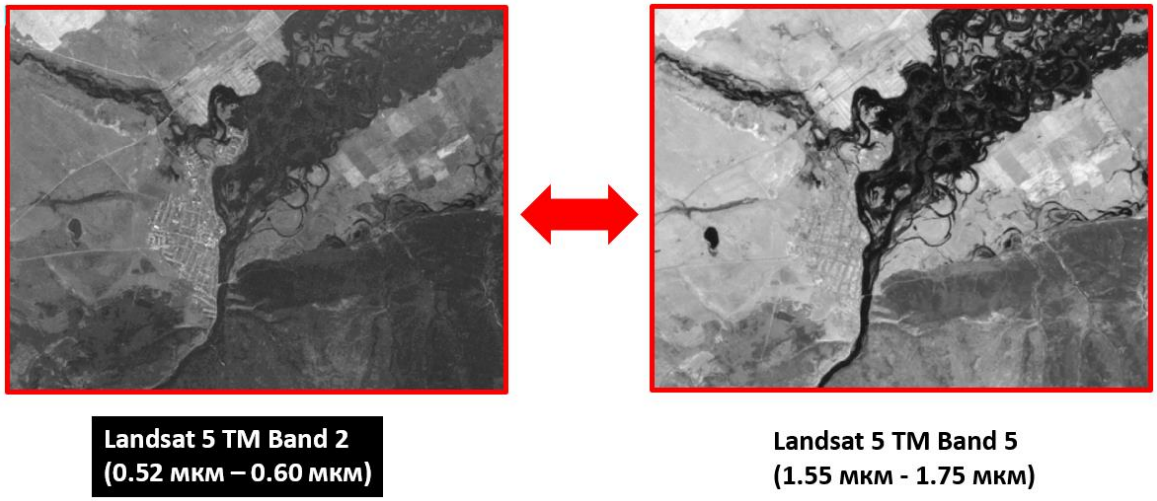


Рис. 1. Спектральные каналы Landsat 5 TM Band 2 и Band 5, используемые в вычислении индекса MNDWI (с. Улеты, 30 мая 2010 г.).

Одним из первых индексов, предложенных для выявления водных поверхностей, был индекс **NDWI - Normalized Difference Water Index** (нормализованный разностный водный индекс), предложенный ***S.K. McFeeters*** в 1996 г.[10]. Этот индекс использовал зеленый (2) и ближний инфракрасный (4) участки спектра снимков Landsat TM и ETM+. Объекты с отрицательным значением NDWI были отнесены к неводным поверхностям, с положительным NDWI – к водным.

$$NDWI = \frac{\rho_2 - \rho_4}{\rho_2 + \rho_4} = \frac{\rho_{0.56} - \rho_{0,85}}{\rho_{0.56} + \rho_{0,85}}. \quad (1)$$

В 2006 г. H. Xu [20] установил, что NDWI не является в полной мере эффективным для выявления водных поверхностей и отделения комбинированных поверхностей, и поэтому предложил новый индекс, MNDWI – Modified Normalized Difference Water Index (модифицированный нормализованный разностный водный индекс).

$$MNDWI = \frac{\rho_2 - \rho_5}{\rho_2 + \rho_5} = \frac{\rho_{0.56} - \rho_{1.65}}{\rho_{0.56} + \rho_{1.65}}. \quad (2)$$

MNDWI определяется с использованием 2 и 5 спектральных каналов Landsat TM и ETM+ или 3 и 6 каналов Landsat 8 OLI, 4 и 6 каналов MODIS и на данный момент является наиболее распространенным индексом для выявления поверхностных водных объектов на космических снимках. Помимо Landsat, индекс MNDWI используется для анализа водных поверхностей на других спутниковых системах – SPOT, Aster, MODIS, что говорит о его универсальности, стабильной пороговости.

В 2004 г. X. Xiao и др. [19] предложили водный индекс поверхности суши LSWI (Land Surface Water Index):

$$LSWI = 2.5\,\frac{\rho_{nir} - \rho_{swir}}{\rho_{nir} + \rho_{swir}} \tag{3}$$

$$LSWI = \frac{\rho_{\lambda 4} - \rho_{\lambda 5}}{\rho_{\lambda 4} + \rho_{\lambda 5}} \tag{4}$$

Данный индекс показал свою применимость при дешифрировании водных объектов с берегами, заросшими растительностью и позволяет произвести фильтрацию водной составляющей в листьях растений.

Отмечается, что существуют границы использования индексов NDWI, MNDWI и LSWI и могут возникнуть проблемы с выделением водных объектов при наличии поверхностей с малой величиной альбедо, таких как асфальтовые дороги в населенных пунктах, тени от гор, высотных зданий или облаков. Для устранения этих недостатков используется многоканальный спектральный индекс AWEI – Automated Water Extraction Index (Автоматизированный индекс выделения вод). Индекс AWEI использует 5 спектральных каналов Landsat TM (1, 2, 4, 5, 7):

$$AWEI_{nsh} = 4 \times (\rho_{band2} - \rho_{band5}) - (0.25 \times \rho_{band4} + 2.75 \times \rho_{band7}) \tag{5}$$

$$AWEI_{sh} = \rho_{band1} + 2.5 \times \rho_{band2} - 1.5 \times (\rho_{band4} + \rho_{band5}) - 0.25 \times \rho_{band7} \tag{6}$$

Эти индексы используются в паре, вначале $AWEI_{nsh}$ (non-shadowed) для общей классификации, затем $AWEI_{sh}$ (shadowed) для удаления затененных областей. Рекомендуется использовать эти индексы в ситуациях, когда нет поверхностей с высоким альбедо типа снега и льда. Порог отделения водных поверхностей $AWEI_{sh}=0$.

Значения порога разделения водной и другой поверхности в зависимости от условий съемки могут принимать и отличные от нуля значения, что может позволить произвести более четкую сегментацию поверхностей.

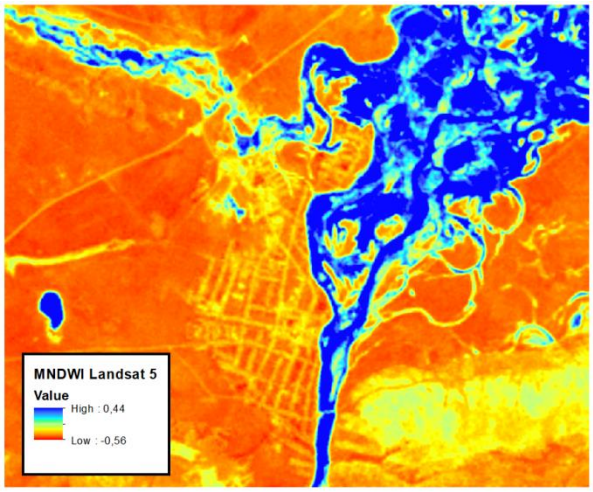


Рис. 2. Значение индекса MNDWI для фрагмента снимка Landsat 5 TM (с. Улеты, 30 мая 2010 г.).

1.2.2 Методы тематической классификации

Процедуры классификации широко распространены при дешифрировании водных поверхностей, они разделяются на классификацию с обучением и без обучения.

Основные алгоритмы классификации с обучением – метод максимального правдоподобия (Supervised Maximum-Likelihood Classification), минимального расстояния (minimum distance), расстояния Махаланобиса (Mahalanobis distance), классификация по спектральному углу (Spectral Angle Mapper), метод дивергенции спектральной информации (Spectral Information Divergence), метод опорных векторов (Support Vector Machine). Основной трудностью в использовании методик классификации с обучением является необходимость в доступности априорной информации о количестве классов и спектральных характеристиках каждого класса. Этого недостатка лишены методы классификации без обучения – итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных (ISODATA), метод кластеризации k-средних. Однако их проблемой является выделение кластеров не адекватных по размерам и принадлежности требуемым классам.

Таким образом, у всех перечисленных методов имеются свои преимущества и недостатки, и актуальной проблемой является выявление наилучшей методики дешифрирования водных поверхностей для района исследования с целью ее дальнейшего использования. В предыдущих работах [1] для тестирования возможностей использования разных индексов по определению водных поверхностей на территории Забайкалья было проведено дешифрирование космических снимков Landsat ETM+ на примере степных озер юго-востока Забайкалья. Тестированию подверглись следующие методики – спектральные водные индексы AWEInsh, AWEIsh, MNDWI, NDWI, методы классификации ISO Cluster и метод максимального правдоподобия. Выявлено преимущество индекса MNDWI в точности выделения водных поверхностей. Поэтому в качестве основного индекса для дешифрирования воды в данной работе принят индекс MNDWI.

1.3 Обработка данных дистанционного зондирования Земли

В качестве исходных данных ДЗЗ для определения водных поверхностей обычно выступают снимки серии Landsat (MSS, TM, ETM+, OLI), которые доступны с 1972 г. по настоящее время с периодичностью 16 дней и пространственным разрешением 15-60 м. В данной работе использовались исходные данные Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI разрешением 30 м на снимке уровня обработки Level1, которые получены посредством сервиса EarthExplorer – http://earthexplorer.usgs.gov/.

На точность распознавания подстилающей поверхности может влиять сезонная и суточная освещенность (угол наклона солнца над горизонтом), состав атмосферных газов, качественные характеристики водных объектов, наличие в них примесей, фитопланктона, поэтому необходимо проводить пересчет численных значений пикселей изображений в физические параметры излучательной и отражательной способности поверхности на верхней границе атмосферы.

По умолчанию все данные Landsat поставляются в виде растров, записанных в 8 или 16-битном целочисленном формате (DN). В формулах для вычисления водных индексов используются характеристики отражающей способности (*reflectance value*) $\rho\lambda$, которая для сенсора Landsat 8 OLI определяется по формуле:

$$\rho\lambda = \frac{M_p * DN + A_p}{\sin(\theta_{se})} \qquad (7)$$

$\boldsymbol{M_p}$ – *Band-specific multiplicative rescaling factor* – масштабирующий коэффициент, принимается из файла метаданных, входящих в архив с Level1 снимком;

$\boldsymbol{A_p}$ – *Band-specific additive rescaling factor* – добавочный коэффициент REFLECTANCE_ADD_BAND зависит от канала;

$\boldsymbol{DN}$ – значение величины в пикселе растра;

$\boldsymbol{\theta_{se}}$ – угол высоты Солнца в градусах, зависящий от дня в году (DOY).

Для сенсоров Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ определение отражательной способности осуществляется в 2 этапа, сначала вычисляется излучательная способность Radiance, после этого отражательная Reflectance.

Излучательная способность рассчитывается по формуле:

$$L_\lambda = G_{rescale} \times DN + B_{rescale}, \quad (8)$$

где *G, B* – масштабирующие коэффициенты;

DN – значение величины в пикселе растра.

Отражательная способность рассчитывается по формуле:

$$\rho_\lambda = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{\mathrm{ESUN}_\lambda \cdot \cos\theta_s} \quad (9)$$

$\mathbf{ESUN}_\lambda$ – среднее излучение Солнца на границе атмосферы,

$\boldsymbol{\theta_s}$ – угол зенита Солнца в градусах, зависящий от дня в году (DOY),

$\boldsymbol{d}$ – расстояние от Земли до Солнца в астрономических единицах зависит от DOY.

В целях коррекции плотной облачности и ее удаления была создана маска облачности из растра контроля ошибок Landsat BQA с помощью программы L-LDOPE Toolbelt для Landsat.

Для анализа были выбраны снимки Landsat и Sentinel-2 за даты, соответствующие наводнениям в населенных пунктах с. Улеты и г. Нерчинск, представленные в табл. 2.

Анализ зон затопления населенных пунктов по данным космических снимков реальных наводнений позволяет сделать вывод о возможности использования материалов космической программы Landsat, которые отличаются своей доступностью, широким временным диапазоном с 1972 г. по настоящее время и простотой обработки. На рис. представлено совмещение индекса MNDWI, рассчитанное по данным Landsat с разрешением 30 м и снимка Ikonos с разрешением 0,6 м.

Табл. 2. Исходные данные дистанционного зондирования

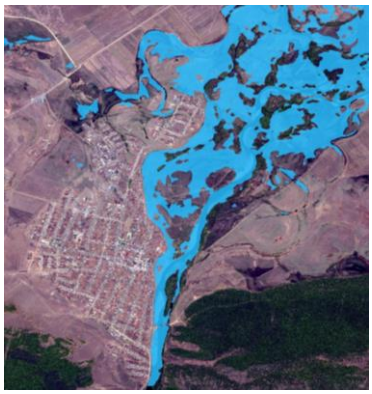
Населенный пункт	Дата съемки	Обозначение снимка	Пространственное разрешение, м	Расход воды в реке на момент съемки, $м^3/с$
с. Улеты	12.07.1990	LT51290241990191BJC00	30	960
с. Улеты	30.05.2010	LT05_L1TP_129024_20100530	30	1230
с. Улеты	23.07.2018	LC08_L1TP_129024_20180723	30	1050
г. Нерчинск	31.07.1988	LT05_L1TP_126024_19880731	30	1860
г. Нерчинск	30.08.1993	LT05_L1TP_126024_19930830	30	311
г. Нерчинск	25.07.2000	LT05_L1TP_125024_20000725	30	2360
г. Нерчинск	01.09.2008	LT05_L1TP_125024_20080901	30	772
г. Нерчинск	10.07.2018	L1C_T50UMC_A007008_20180710T031538	20	2560

Анализ зон затопления населенных пунктов по данным космических снимков реальных наводнений позволяет сделать вывод о возможности использования материалов космической программы Landsat, которые отличаются своей доступностью, широким временным диапазоном с 1972 г. по настоящее время и простотой обработки. На рис. представлено совмещение индекса MNDWI, рассчитанное по данным Landsat с разрешением 30 м и снимка Ikonos с разрешением 0,6 м. Из сопоставления можно сделать вывод, что пространственное разрешение космических снимков Landsat (15-60 м) недостаточно для картографирования зон затопления населенных пунктов, для этого требуются снимки более высокой детальности (до нескольких сантиметров). Решением данной проблемы является

предлагаемый в работе гибридный метод совмещения данных дистанционного зондирования низкой детальности и высоко детальной цифровой модели рельефа, полученной по данным съемки с беспилотных летательных аппаратов.



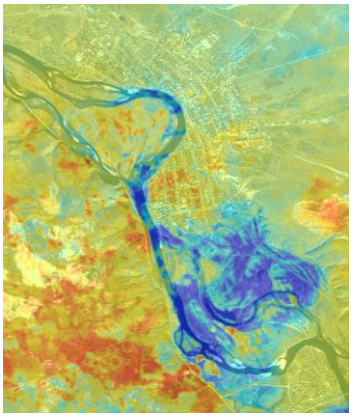
а) с.Улеты 12.07.1990



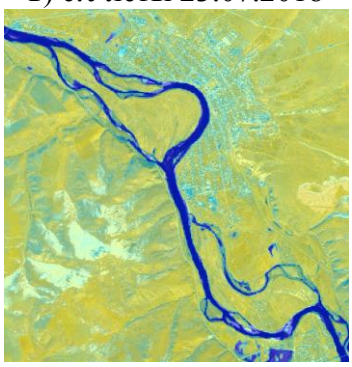
б) с.Улеты 30.05.2010



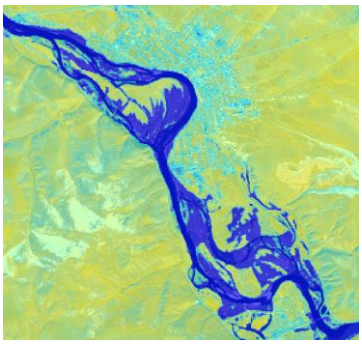
в) с.Улеты 23.07.2018



г) г. Нерчинск 31.07.1988



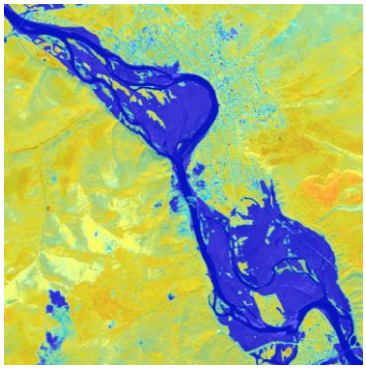
д) г. Нерчинск 30.08.1993



е) г. Нерчинск 25.07.2000



з) г. Нерчинск 01.09.2008



и) г. Нерчинск 10.07.2018

Рис. 3. Границы водных поверхностей, рассчитанные по индексу MNDWI для населенных пунктов с. Улеты и г. Нерчинск.

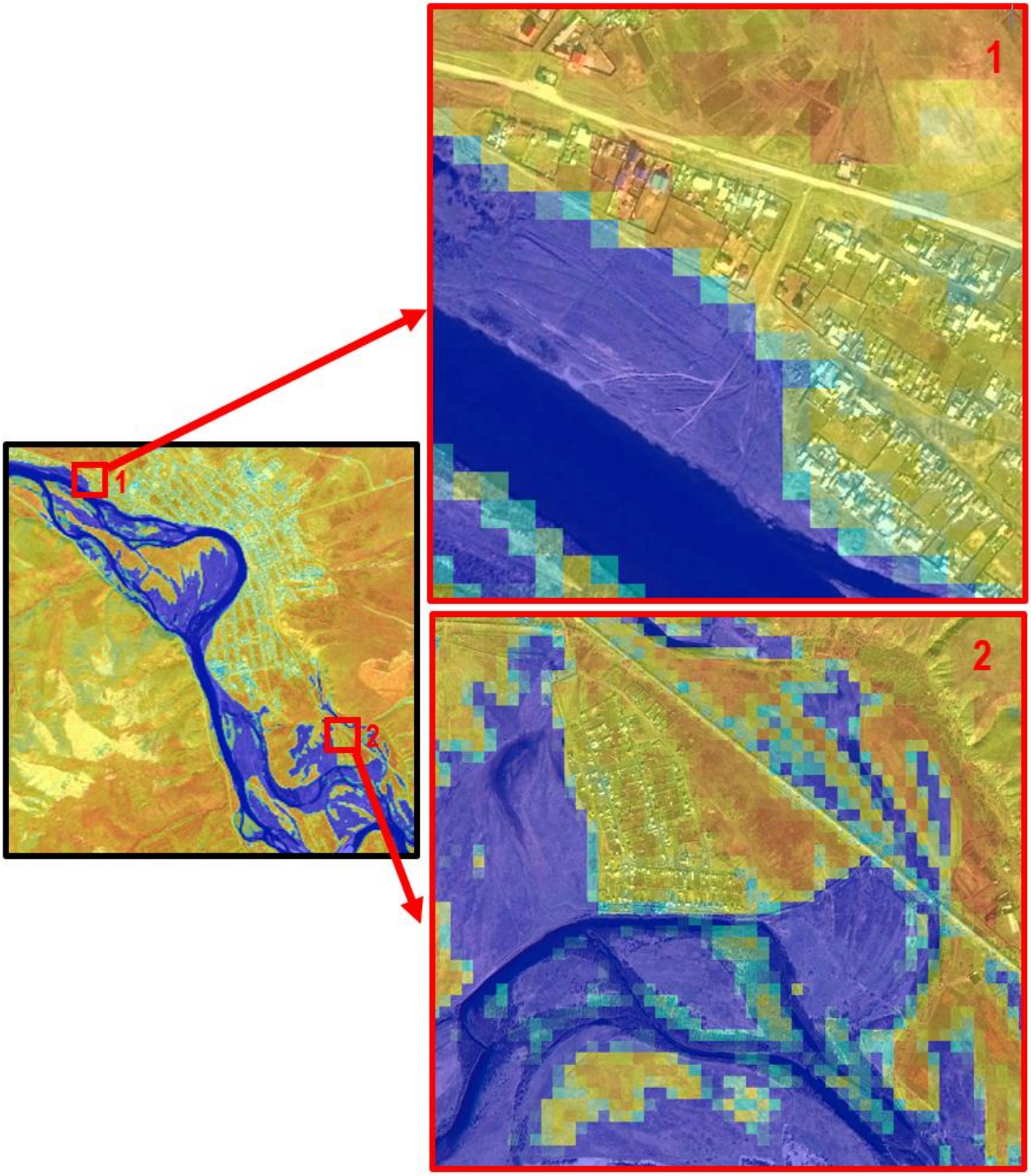


Рис. 4. Водные индексы MNDWI, полученные по результатам обработки снимков Landsat г. Нерчинск (25.07.2000 г.) разрешением 30 м.

2. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга паводкоопасных территорий

2.1 Технологическая схема проведения обработки данных с БПЛА

Управление паводкоопасными территориями часто основывается на исследованиях скорости и типов береговых изменений рассчитанных с использованием различных способов мониторинга берега как наземных (GPS и топографическая съемка), так и дистанционных

(лидарное зондирование и аэрофотосъемка). Среди исследований первого типа самыми широко распространенными являются высокоточные GPS-изыскания, тахеометрическая съемка и наземные лазерные сканеры. Эти способы исследования сравнительно недорогие и имеют хорошую точность, но являются трудоемкими в случаях картирования больших по площади территорий и не всегда позволяют передать все особенности рельефа, его специфических элементов. Для мониторинга больших площадей за короткие интервалы времени используются данные дистанционного зондирования, аэрофотосъемка, спутниковые снимки и данные лидарного зондирования. Их основные ограничения заключаются в сравнительно высокой стоимости и сложности получения изображений за строго выбранный момент времени. Приборы для дистанционных исследований устанавливают на спутниках, пилотируемых самолетах и предоставляют информацию о процессах, происходящих в глобальных и региональных масштабах, но некоторые процессы требуют изучения на локальном уровне и получения разновременных данных через требуемые промежутки времени, которые могут не совпадать с имеющимися в наличии данными космического зондирования.

В последнее время в геоморфологических и экологических исследованиях все большее применение находят новые способы исследования, основанные на использовании беспилотных летательных аппаратов [4, 5]. При проведении геоморфологических исследований БПЛА состоит из цифровой фотокамеры, закрепленной на пропеллерном или крылатом летательном аппарате, который управляется дистанционно с земли. Аппарат производит съемку местности, полученная серия снимков анализируется с использованием алгоритмов реконструкции трехмерной сцены из фотографий, таких как structure from motion (SfM) и multi-view stereo (MVS). В результате реконструкции получается цифровая модель рельефа и ортофотоплан местности. Методы SfM и MVS являются в настоящее время наиболее развитыми алгоритмами получения трехмерных моделей местности и наиболее широко используемыми в науках о Земле [9, 18]. James и Robson (2012) отмечают, что эти методы позволяют получить результаты сравнимые с более традиционными способами топографических изысканий, таких как лазерное сканирование, однако при этом отмечается существенное уменьшение времени получения данных (на 80%) [9]. В области компьютерных наук эти методы реконструкции получили совместное развитие с развитием БПЛА из-за возможности получения данных сверхвысокого разрешения с низких высот со сравнительно малыми затратами за короткие промежутки времени. В настоящее время использование этих алгоритмов уже вышло за рамки обыкновенной оценки соответствия ортофотоснимков и цифровой модели рельефа, полученных с БПЛА, все большее применение данные методы находят при решении большого круга задач в исследовании окружающей среды и геологических проблем [3]. Паводкоопасные территории выступают идеальной площадкой для разновременных исследований с использованием БПЛА, так как эволюция процессов на этих территориях зачастую быстрая, требующая рациональных, малозатратных, но в то же время точных методов мониторинга.

Метод *Structure-from-Motion* использует алгоритмы обработки серии изображений, сделанных с перекрытием и сдвигом относительно друг друга. Этот метод отличается от традиционно принятых в фотограмметрии способов обработки стереопар, так как не требует априорной информации о геометрии сцены съемки, расположении камеры и ее ориентации в пространстве. Все эти данные получают из итеративного процесса сопоставления и корректировки серии большого количества пересекающихся изображений.

Данный подход наилучшим образом реализуется применительно к серии снимков с высокой степенью взаимного перекрытия, позволяющего захватить трехмерную структуру сцены, видимую с разных позиций. Таким образом подразумевается, что сенсор, фиксирующий изображения, находится в движении, отсюда название «структура из движения». Данная задача была разработана в 1990-х гг. для области компьютерного зрения [12], но в настоящее время она нашла применение и в других областях, в частности в науках о Земле.

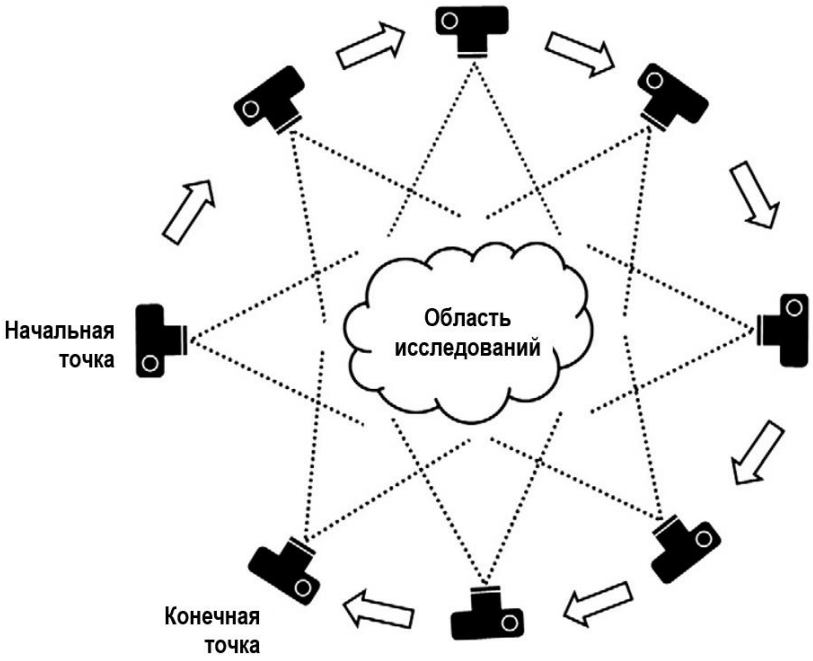


Рис. 5. Схема съемки трехмерного объекта для дальнейшей фотограмметрической обработки по Westoby и др.

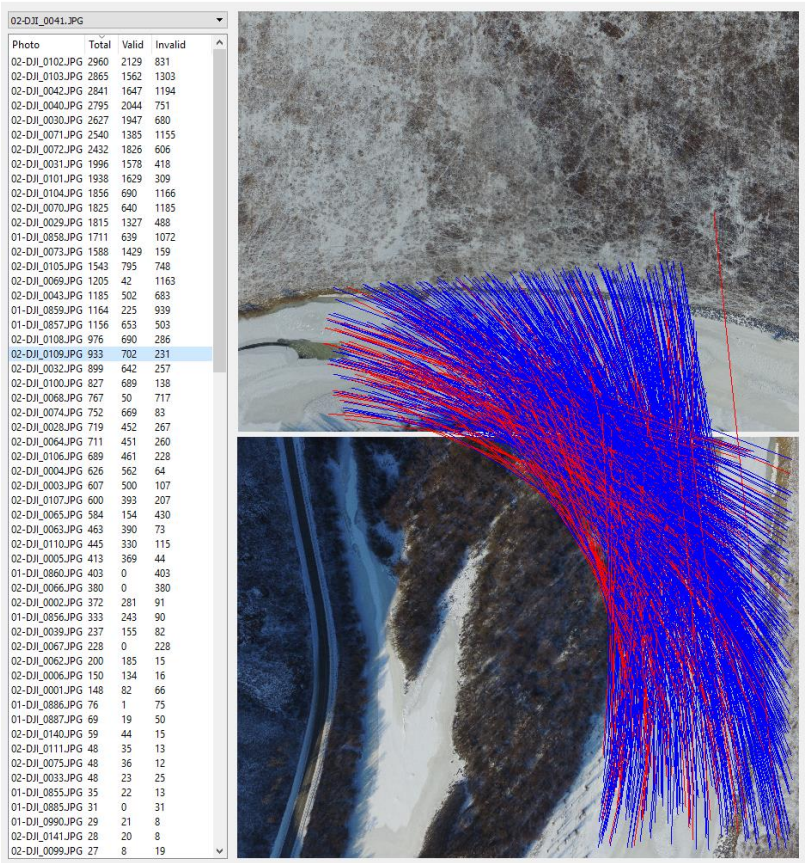


Рис. 6. Пример поиска соответствующих пикселей на двух снимках г. Нерчинска (р. Нерча) по методу Structure from Motion (синим обозначены корректные связи, красным – некорректные).

Для определения трехмерного положения точек в сцене, традиционные фотограмметрические методы требовали сведения о трехмерном расположении камеры или трехмерном расположении серии известных контрольных точек. Используя первые, при отсутствии данных GPS, обычно производится реконструкция геометрии сцены по данным триангуляции контрольных точек, в то время как последние предполагают ручную идентификацию точек на снимках. В противоположность традиционным подходам, метод SfM не требует ничего из вышеперечисленного для реконструкции сцены. Местоположение камеры и геометрия сцены реконструируется одновременно путем автоматической идентификации совпадающих элементов на множестве изображений. Эти элементы отслеживаются от одного изображения к другому, что позволяет улучшать оценку местоположения камеры и координат объектов за счет итерационного процесса нелинейной минимизации наименьших квадратов, так как множество решений становится доступным после расширения базы данных снимков. В отличие от традиционной фотограмметрии, позиции камер, рассчитанные по методу SfM, не имеют ни масштаба, ни ориентации в пространстве, которые были бы получены по координатам наземных точек. В связи с этим трехмерное облако точек генерируется в некоторой относительной системе координат «пространства изображений», которая может быть привязана к реальной системе координат посредством введения наземных точек. Эти наземные точки можно определить с помощью получения координат с устройств GPS.

В последнее время, сочетание изображений, полученных с БПЛА и реконструкции топографии с использованием алгоритма SfM успешно применяется при исследовании разнообразных форм рельефа.

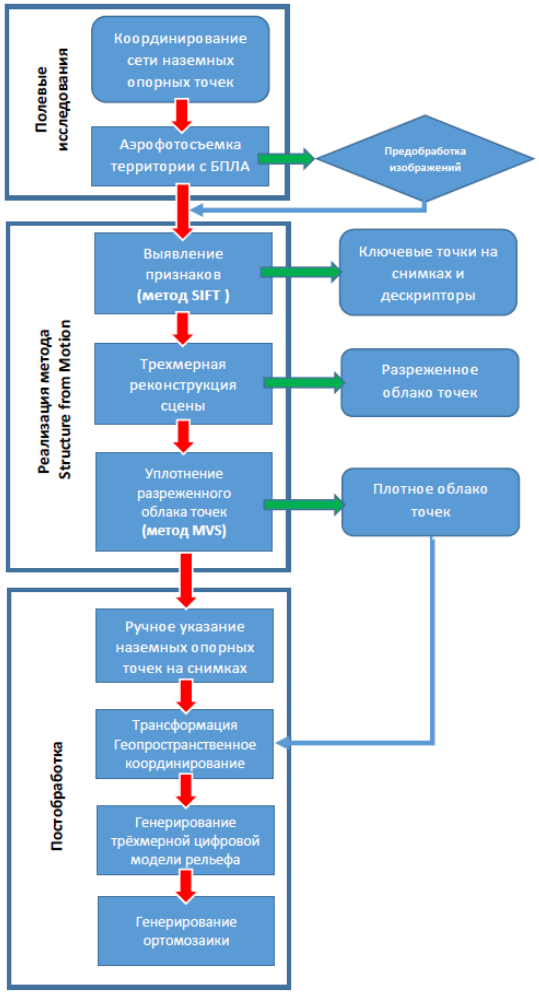


Рис. 7. Технологическая схема фотограмметрической обработки снимков БПЛА с использованием метода Structure from Motion.

Оценка точности полученной модели обычно производится путем ее сравнения с другими методиками получения моделей местности высокого разрешения. Westoby и др. (2012) построили модель скалистого берега моря высотой 80 м и оценили точность полученной цифровой модели рельефа, с использованием метода наземного лазерного сканирования. Сравнение показало общую абсолютную ошибку менее 0,5 м для 86 % исследованной области [18]. James и Robson (2012) произвели мониторинг 3-метрового морского берега на протяжении 1 года. Временной ряд из 7 топографических репрезентаций позволил им рассчитать скорость развития эрозионных процессов. Сравнение алгоритма SfM с данными, полученными по результатам лазерного сканирования TLS, показало, что RMSE составила 0,07 м [9]. Fonstad и др. (2013) исследовали пойменную систему и для оценки точности результатов, сравнили данные, полученные по алгоритму SfM и данные авиационного лидарного зондирования. Средняя разность между обеими реконструкциями составила 0,6 м [6].

Tonkin и др. (2014) исследовали кар и оценили точность модели рельефа, полученной с БПЛА после SfM реконструкции и отметок местности с электронного тахеометра. Они получили общую вертикальную RMSE равную 0,52 м и RMSE 0,2 м для участков с менее плотной растительностью [14]. Turner и др. (2012) сравнили привязку облака точек, полученную встроенным в БПЛА GNSS-модулем и привязку по наземным опорным точкам [15]. Основываясь на дискретном наборе точек валидации, они оценили горизонтальную точность привязки полученной орто-мозаики и показали, что привязка по способу контрольных точек дает в 5–10 раз более надежный результат, чем прямая привязка с летательного аппарата. При первом способе точность получилась 0,1-0,13 м, во втором случае – 0,66–1,25 м. Harwin и Lucieer (2012) полагали что комбинация БПЛА и SfM позволяет обнаружить изменения рельефа на уровне менее дециметра. Помимо съемок в надир, с использованием SfM они анализировали снимки, выполненные наклонной камерой. Для условий эстуария при сравнении координат облака точек и контрольных наземных точек они отметили горизонтальную точность от 0,001 до 0,083 м и вертикальную точность – 0,04–0,06 м [8]. Ouédraogo и др. (2014) показали, что точность трехмерных топографических представлений также зависит от программного обеспечения, используемого для реализации SfM-алгоритма. Сравнивались программы Agisoft PhotoScan и MicMac и было выявлено различие в коррекции дисторсии линзы фотокамеры, Photoscan использует 3 коэффициента коррекции линзы в модели Брауна, в то время как MicMac использует 5 коэффициентов [11].

2.2 Организация полевых работ на объектах исследований

Полевые работы в населенных пунктах проводились в феврале–марте 2018 г. Для получения аэрофотоснимков разрешением 4000×3000 пикселей использовался БПЛА DJI Phantom 3, оснащенный камерой Sony EXMOR FC300S. Камера имеет сенсор CCD с разрешением 12 мп и 20 мм широкоугольную линзу (35 мм эквивалент). Максимальный вес БПЛА составляет 1,5 кг. Полеты аппарата были запрограммированы с использованием программного обеспечения Pix4D Capture и Ctrl+DJI для обеспечения полного покрытия изучаемой местности на высоте 200 м, скоростью полета 6 м/с и автоматическим выполнением фотографий каждые 2 с.

Для генерирования цифровой модели рельефа и ортофотопланов из аэрофотоснимков, выполненных в надир, использовалось ПО Agisoft Photoscan (http://www.agisoft.ru). На первом этапе фотоснимки выравниваются по алгоритму SfM [16], который идентифицирует ключевые точки изображения и последовательно отслеживает их движение. Оценивание позиции камеры является одним из самых ответственных компонентов алгоритма SfM [7, 13]. Результатами выполнения первого этапа являются:

1) трехмерное облако точек, представляющее геометрию изучаемой области

2) относительное местоположение камеры во время проведения съемки

3) параметры внутренней калибровки (фокусное расстояние, коэффициенты дисторсии линзы).

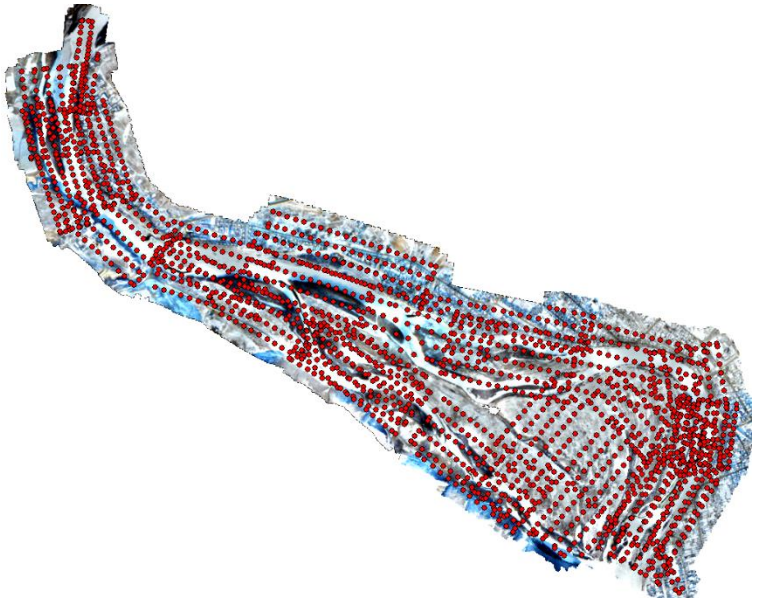


Рис. 8. Местоположение точек съемки фотокамеры, установленной на БПЛА (г. Нерчинск, р. Нерча).

В связи с тем, что на первом этапе производится оценивание параметров калибровки камеры, предварительной калибровки камеры на этапе получения снимков не требуется.

Второй этап подразумевает построение плотного облака точек. В зоне, прилегающей к воде большинство изображений частично покрывают водную поверхность, которая должна быть исключена из топографии модели. Это производится с помощью нанесения маски средствами Photoscan.

На третьем этапе используется алгоритм MVS, основанный на концепции компьютерного зрения, который состоит в реконструкции трехмерной сцены по серии пересекающихся аэрофотоснимков [17].

На четвертом этапе полученная трехмерная модель местности подвергается текстурированию и привязке к системе координат с целью получения ортофотоплана и цифровой модели рельефа.

На пятом этапе производилась классификация цифровой модели рельефа. Цифровая модель, полученная на предыдущем этапе, представляет собой неклассифицированную трехмерную модель взаимно расположенных точек, описывающих все без исключения объекты местности. Для получения модели рельефа и фильтрации шумов от растительности, зданий, мостов и других сооружений был использован алгоритм классификации облака точек от Agisoft Photoscan. Алгоритм разбивает территорию на крупные ячейки размером 50 х 50 метров и внутри каждой ячейки ищет резкие повышения отметок на угол более 30 градусов на каждый метр длины. Все точки из плотного облака, удовлетворяющие условиям фильтрации отделяются в класс шумов, оставшиеся точки полагаются относящимися к рельефу.

На этапе построения плотного облака точек производится координирование и геопривязка всей модели. Для этого используются данные наземных контрольных точек, полученные с использованием GPS-системы Trimble R3. Для каждой точки определенной с помощью GPS, собирались данные на протяжении 10 минут в режиме статики и обрабатывались с использованием ПО Trimble Pathfinder Office. Общая достоверность данных GPS составляет +-5 см. Все значения высот привязаны к модели геоида EGM 2008.

Для проверки достоверности полученной цифровой модели рельефа и истинных значений использовалась сеть наземных опорных точек, которые отмечались на твердых основаниях, не подвергавшихся изменениям за время исследования. Опорные точки представляли собой белые квадраты размером 1 х 1 метр, закрепленные на поверхности земли металлическими кольями. Размеры квадрата на снимке составляли около 20х20 пикселей.



Исходное облако точек Классифицированное облако точек

Рис. 9. Классификация плотного облака точек для выделения рельефа и фильтрации растительности, зданий, мостов (коричневый цвет – рельеф, серый – объекты фильтрации).



Наземная опорная точка S=1x1 м Опорная точка с высоты 100 м

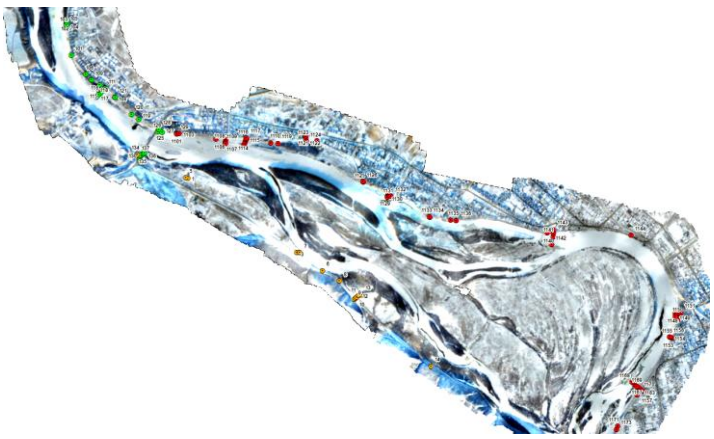


Рис. 10. Ортофотоплан г. Нерчинска с наземными опорными точками и точками аэрофотосъемки с БПЛА.

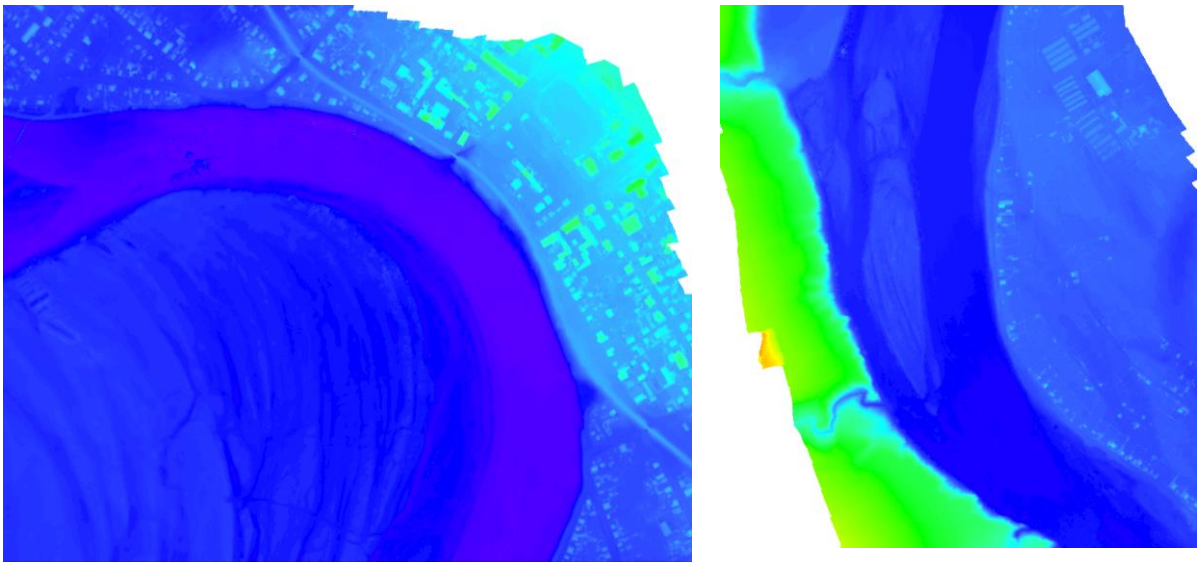


Рис. 11. Фрагмент цифровой модели местности г. Нерчинск, р. Нерча (пространственное разрешение – 0,32 м).

Данные GPS-приборов по контрольным точкам экспортировались в ArcGIS, где производилось вычисление среднеквадратичной ошибки между значениями контрольных точек и цифровой модели рельефа.

Всего было осуществлено 17 запусков БПЛА в г. Нерчинск и 10 в с. Улеты. Каждый из полетов БПЛА покрывал площадь 0,6 км^2 с получением около 130 фотоснимков при угле поворота камеры в 90 град. Размытые фотоснимки, и не покрывающие изучаемую территорию, удалялись из анализа, в результате фотограмметрической обработке подвергались 95–100 снимков. Время сбора серии снимков составляло 12 минут с использованием одной батареи за один полет. После сравнения значений отметок высот в контрольных точках и в модели рельефа, погрешность составила 0,15-0,16 м. Также достоверность построенной модели рельефа проверялась на основании количества фотоснимков, пересекающихся на исследуемой территории. Участки, где наблюдалось одновременное наложение менее 4 снимков, считались недостоверными и в дальнейшем не рассматривались. Сведения о геометрических параметрах модели представлены в таблице

Табл. 3. Геометрические параметры модели

Населенный пункт	Кол-во снимков	Разреженное облако точек, млн	Плотное облако точек, млн	Опорны х точек	Пространственное разрешение растра ортофотоплана, м	Пространственное разрешение растра ЦМР, м
С. Улеты	1399	0,8	87	57	0,082	0,32
Г. Нерчинск	2071	1,3	152	128	0,087	0,32

3. Гибридный метод анализа данных дистанционного зондирования Земли и беспилотных летательных аппаратов и его использование с целью картографирования территорий подверженных наводнениям

В отечественной практике исследования затопления территорий в результате наводнений с помощью дистанционных методов, начиная с 1970-х годов, использовались материалы аэрофотосъемок наводнений, и данные космических наблюдений с отечественных спутников с низким (для настоящего времени) пространственным разрешением [2]. Поэтому изучению подвергались только крупные реки – Обь, Амур, Лена, при этом локальные территории, расположенные на средних и малых реках, оставались неохваченными. В мировой практике для целей мониторинга наводнений используются

данные Landsat, MODIS, Aster, Envisat MERIS, данные альтиметрической съемки Topex/Poseidon, GLAS, Envisat RA-2, Jason, которые рассмотрены в первой главе. При этом сохраняется направленность исследований по изучению крупных рек и оценке последствий национальных и региональных катастроф с отсутствием внимания к небольшим по протяженности и площади участкам. Такие территории требуют детального изучения на крупных масштабах (с разрешением несколько сантиметров), недоступных пока космическому зондированию.

Как было отмечено ранее, оценивание реальных зон затопления по имеющемуся архиву данных дистанционного зондирования затруднено вследствие низкого разрешения космических снимков, составляющего десятки метров. С другой стороны, имея высокодетальную модель рельефа местности, построенную по данным БПЛА в меженный период низкого стока реки, можно усовершенствовать и повысить качество исходной спутниковой информации.

Построение высокодетальных зон затопления для населенных пунктов базируется на гибридном алгоритме анализа данных, сочетающем данные дистанционного зондирования и модель рельефа, полученную с БПЛА.

Алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Интерполяция растров водных индексов MNDWI методом кубической свертки из исходного разрешения Landsat 30 м до разрешения 1 м средствами ArcGIS и Golden Software Surfer
2. Построение линии фарватера реки по снимку Landsat, сделанному в меженный период. Автоматизация процесса выполнена с помощью модуля Polygon to Centerline для ArcGIS. Модуль анализирует полигональный слой русла реки за меженный период и путем построения полигонов Тиссена определяет срединные точки, которые соединяет в линию фарватера
3. Построение профилей поперечного сечения поймы реки по рельефу цифровой модели высокого разрешения, полученной по данным фотограмметрической обработки снимков БПЛА
4. Отбивка отметок уровней высоких вод на профилях поперечного сечения по данным реальных наводнений, полученных с растров MNDWI Landsat
5. Соединение отбитых точек уровней высоких вод по рельефу БПЛА и получение детальной зоны затопления с высоким разрешением

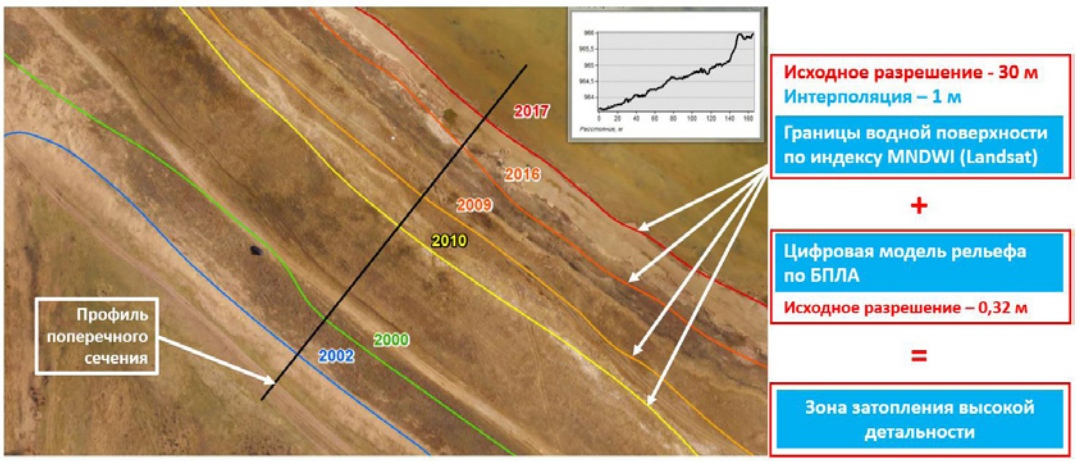


Рис. 11. Схема гибридного алгоритма построения высокодетальных зон затопления

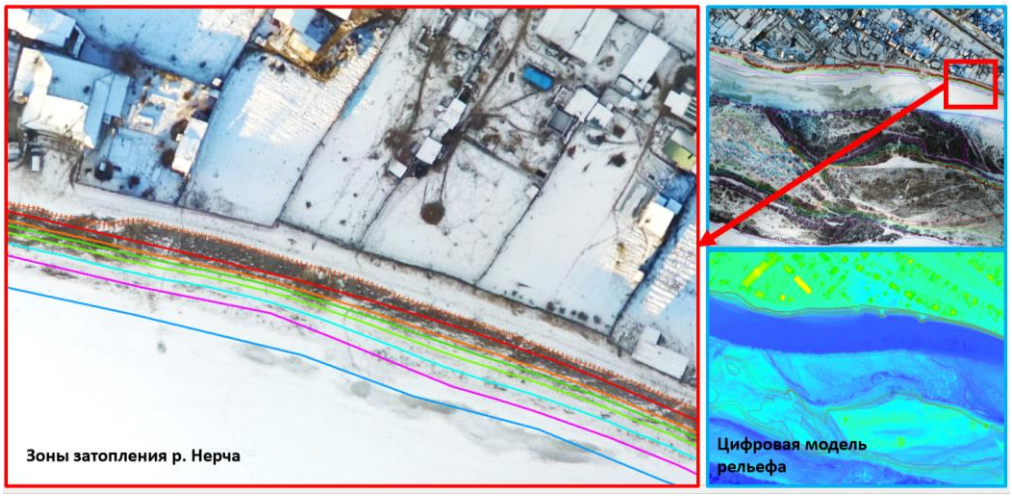


Рис. 12. Результаты построения зон затопления для участка р. Нерча, г. Нерчинск

Летом 2018 г. на ряде рек Забайкальского края был отмечен резкий подъем уровней воды, обусловленный прохождением паводка. Затоплению подверглись значительные территории, в том числе несколько жилых кварталов г. Нерчинск (р. Нерча) и с. Улеты (р. Улетка). Для анализа выбраны данные дистанционного зондирования Sentinel-2 и Landsat 8 покрывающие эти населенные пункты. Спутниковые снимки были обработаны по предложенной методике с использованием высокодетальных моделей рельефа, построенных по данным БПЛА.

Апробация предлагаемой методики в реальных условиях наводнения показала следующие результаты:

1. Построены зоны затопления высокой детальности для паводка 2018 г.
2. Построены высокодетальные трехмерные модели защитных сооружений для участков населенных пунктов.
3. По гребням защитных сооружений из модели рельефа извлечены продольные профили.
4. Определены причины затопления населенных пунктов в районах, защищенных гидротехническими сооружениями, которые показали понижение отметок гребней дамб из-за интенсивного автомобильного движения на их участках, не оборудованных съездами.

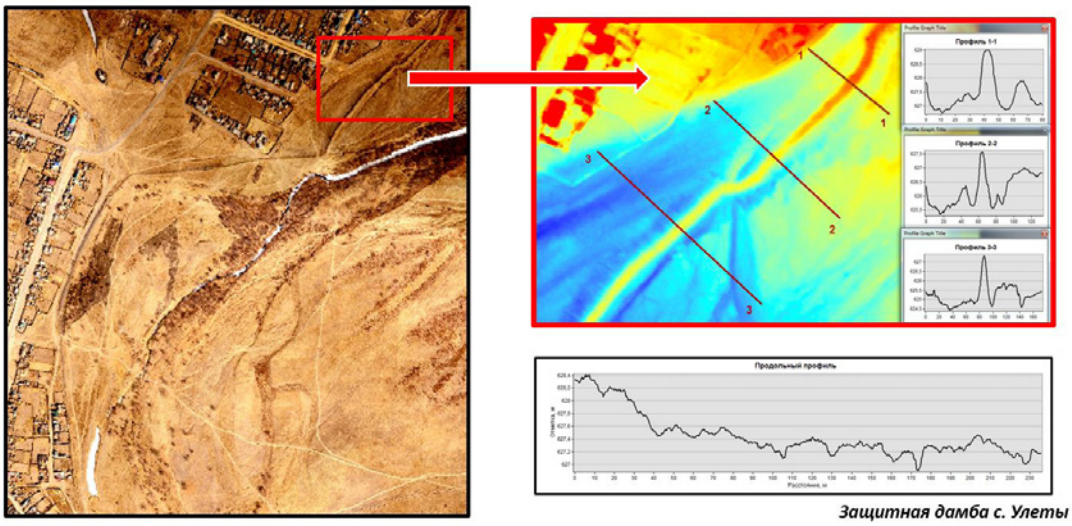


Рис. 13. Анализ модели высокого разрешения для защитной дамбы в с. Улеты.

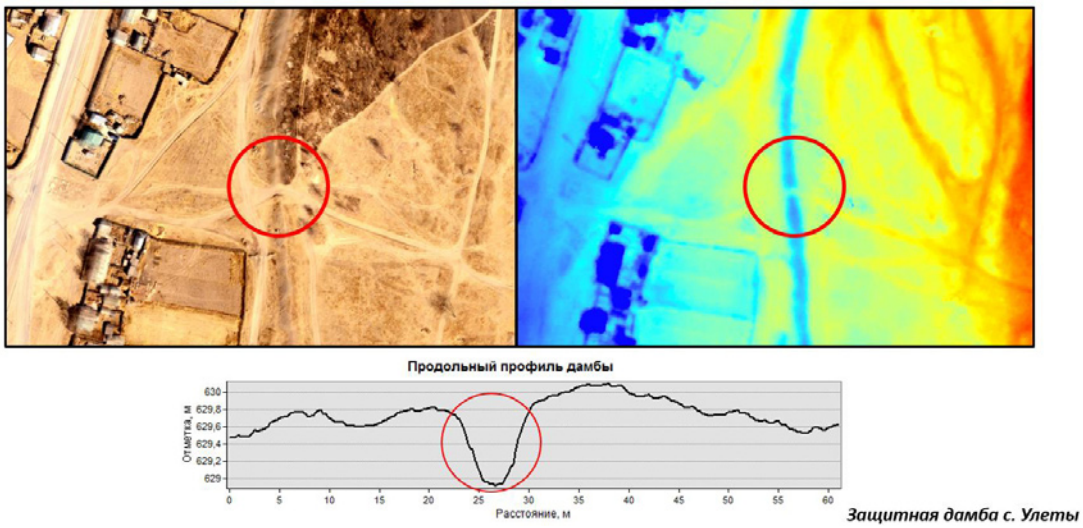


Рис. 14. Прорыв в дамбе с. Улеты



Рис. 15. Зона затопления высокой детальности, построенная для условий реального наводнения р. Нерча, г. Нерчинск (10.07.2018).



Рис. 16. Причина затопления жилых домов в г. Нерчинск во время наводнения 2018 г., определенная по высокодетальной модели (провал в защитной дамбе из-за переезда автомобилями).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные дистанционного зондирования отличаются разнообразием пространственных, временных и спектральных характеристик, что дает возможность изучать множество свойств поверхностных водных объектов во всем их многообразии. В работе произведен анализ методов дистанционного зондирования для определения зон затопления населенных пунктов. Отмечено, что наилучшим способом дешифрирования водных поверхностей является вычисление спектрального водного индекса MNDWI.

Однако пространственное разрешение космических снимков Landsat недостаточно для картографирования зон затопления населенных пунктов, для этого требуются снимки более высокой детальности (до нескольких сантиметров). Поэтому в работе предлагается новый гибридный метод совмещения данных космической съемки и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

С использованием предложенного метода для паводкоопасных участков населенных пунктов с. Улеты (р. Ингода, р. Улетка) и г. Нерчинск (р. Нерча) Забайкальского края, которые ранее были подвержены затоплению в результате наводнений, построены зоны затопления высокой детальности и определены причины затопления жилого фонда в результате наводнения 2018 г.

Результаты исследования могут быть рекомендованы для дальнейшего использования при проведении планирования рационального использования паводкоопасных территорий и повышения качества жизни на территории региона. Полученные карты затопления территорий крупного пространственного масштаба также могут быть рекомендованы к использованию органами государственной власти в области охраны водных ресурсов и ликвидации стихийных бедствий.

Разработанный и апробированный гибридный метод анализа данных дистанционного зондирования Земли и беспилотных летательных аппаратов может быть в дальнейшем использован для изучения других природных процессов, таких как динамика растительности, лесовосстановление после пожаров на высокодетальном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Курганович К.А., Носкова Е.В.* Использование водных индексов для оценки изменения площадей водного зеркала степных содовых озер юго-востока Забайкалья, по данным дистанционного зондирования // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 6 (121). С. 16-24.
2. *Прокачева В.Г., Усачев В.Ф.* Наводнения и дистанционные средства для их наблюдения. СПб: ГГИ,1997, 86 с.
3. *Casella E., Rovere A., Pedroncini A.* Drones as tools for monitoring beach topography changes in the Ligurian Sea (NW Mediterranean) // Geo-Mar Lett DOI 10.1007/s00367-016-0435-9
4. *Colomina I., Molina P.* Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review // ISPRS J Photogramm Remote Sens. 2014. №92. С. 79–97
5. *Everaerts J.* The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping // Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci. 2008. № 37. С. 1187–1192
6. *Fonstad M.A., Marcus W.A.* High resolution, basin extent observations and implications for understanding river form and process // Earth Surf Process Landf. 2010. 35(6) С. 680–698.
7. *Hartley R., Zisserman A.* Multiple view geometry in computer vision. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
8. *Harwin S., Lucieer A.* Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery // Remote Sensing. 2012. № 4(6). P. 1573–1599.

9. *James M.R., Robson S.* Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: accuracy and geoscience application // J Geophys Res Earth Surf. 2012. № 117. C. F03017.
10. *McFeeters S.K.* The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. 1996. № 17. P. 1425–1432.
11. *Ouédraogo M.M., Degré A., Debouche C., Lisein J.* The evaluation of unmanned aerial system-based photogrammetry and terrestrial laser scanning to generate DEMs of agricultural watersheds // Geomorphology. 2014. 214. P. 339–355.
12. *Spetsakis M.E., Aloimonos Y.* A multi-frame approach to visualmotion perception // International Journal of Computer Vision 1991. № 6. P. 245–255.
13. *Szeliski R.* Computer vision: algorithms and applications. Springer, Heidelberg, 2010
14. *Tonkin T., Midgley N.G.* The potential of small unmanned aircraft systems and structure-from-motion for topographic surveys: A test of emerging integrated approaches at Cwm Idwal, North Wales // Geomorphology. 2014. №226. P. 35–43.
15. *Turner D., Lucieer A., Watson C.* An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds // Remote Sensing. 2012. №4(5). P. 1392-1410.
16. *Ullman S.* The interpretation of structure from motion // Proc R Soc Lond B Biol Sci. 1979 203(1153). P. 405–426.
17. *Verhoeven G.* Taking computer vision aloft—archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with PhotoScan // Archaeol Prospect 2011 18. P. 67–73.
18. *Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M.* 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications // Geomorphology. 2012. № 179. P. 300–314.
19. *Xiao X., Hollinger D., Aber J., Goltz M., Davidson E.A., Zhang Q., Moore B*. Satellite-based modeling of gross primary production in an evergreen needleleaf forest // Remote Sens. Environ. 2004. № 89. P. 519–534.
20. *Xu H.* Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // International Journal of Remote Sensing. 2006. № 27. P. 3025–3033.

УДК: 556; 91

ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАЛЫХ РЕК СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ДМИТРОВСКОГО РАЙОНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лукьянов К.В.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
kirill.lukyanov.96@mail.ru

Ключевые слова: загрязнение природных вод, сточные воды, предельно-допустимые концентрации, водные объекты, очистные сооружения.

В работе рассмотрено загрязнение поверхностных вод малых рек Дмитровского района Московской области сточными водами г. Дмитрова, г. Яхромы, и рядом других населенных пунктов, имеющих централизованные очистные стоки канализации. Показано увеличение загрязнения биогенными элементами, нефтепродуктами, поверхностно активными веществами после сброса недостаточно очищенных сточных вод.

SMALL RIVERS POLLUTION WITH WASTE WATERS FROM WATER TREATMENT FACILITIES OF THE MOSCOW OBLAST DMITROV RAYON INHABITED LOCATIONS

Lukyanov K.V.
M.V. Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia
kirill.lukyanov.96@mail.ru

Key words: natural water contamination, wastewater, maximum permissible concentrations, water bodies, wastewater treatment plants.

The article discusses pollution of surface waters of small rivers of Dmitrov district of Moscow Oblast with wastewater of large settlements with centralized sewage treatment. The increase of pollution with biogenic elements, petroleum products, surface-active substances after discharge of insufficiently treated wastewater is shown

Сточные воды в современной жизни достигают огромных объемов. Численность населения и объем производства растут, а с ними и возрастает объем стоков [1]. Сегодня сточные воды оказывают значительное влияние на водные объекты в населенных пунктах, а в случаях несоблюдения нормативов сброса, влияние и вовсе оказывается губительным [2, 3].

В Дмитровском районе имеется 11 муниципальных образований, в которых насчитывается 401 населенный пункт [4]. Во многих функционируют очистные сооружения канализации (ОСК), но стоит отметить, что далеко не все они функционируют подобающим образом, при котором можно было бы сбрасывать очищенные сточные воды без негативных последствий для водных объектов.

В некоторых случаях причиной является то, что фактическая мощность, с которой работают очистные сооружения, превышает проектную мощность, то есть мощность, с которой сооружения могут функционировать без негативных последствий [5].

Таким образом, целью данной работы является оценка степени очистки сточных вод очистных сооружений Дмитровского района Московской области и влияния их на поверхностные водные объекты района.

В качестве материалов для работы были использованы пробы сточной воды, которые были отобраны на очистных сооружения в шестнадцати населенных пунктах (рис. 1) до и после процесса очистки летом 2017 г. Более 50 проб сточной воды были проанализированы по стандартным методикам.

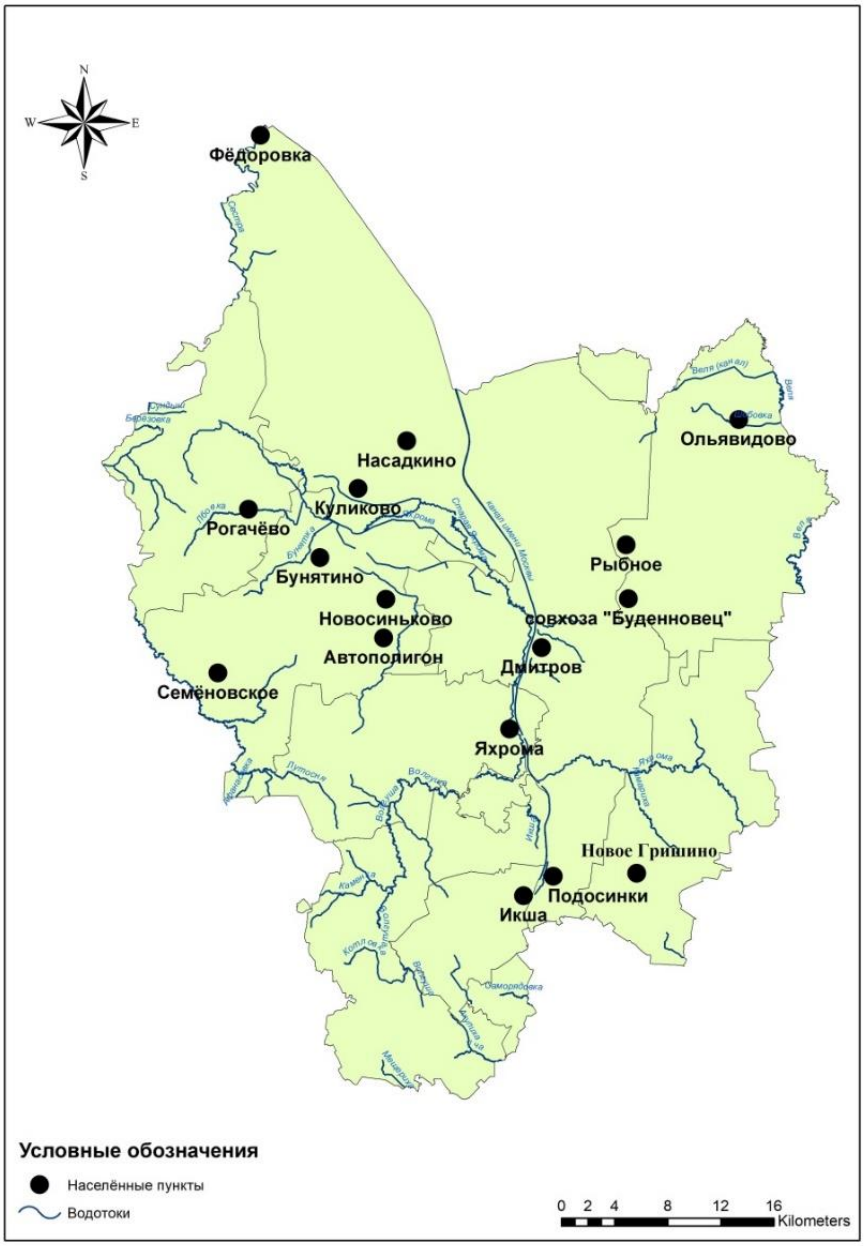


Рис. 1. Места отбора проб для анализа сточных вод.

Полученные результаты свидетельствуют о неполноценной работе очистных сооружений в некоторых населенных пунктах по многих показателям, по некоторым из которых вода после процесса очистки наоборот становилась более загрязненной. Например, БПК5 (биологическое потребление кислорода за 5 дней) и концентрации взвешенных веществ, нитратов, нефтепродуктов не только превышают ПДКр (рыбохозяйственного назначения) и ПДКв (для водоемов культурно-бытового и хозяйственного назначения) после очистки при сбросе в поверхностные воды, но и в ряде случаев вода сбрасывается еще более загрязненная, чем до очистки [6, 7]. На гистограммах (рис. 2) видно, что в с. Семеновское, п. Икша, п. Рыбное, с. Буденовец, л. Куликово, с. Новое Гришино и др. в реки (Икша, Камариха, Якоть, Лутосня и др.) сбрасываются чрезвычайно грязные воды.

В качестве интегральной характеристики загрязнения воды используются классы качества воды, оцениваемые по величинам индекса загрязнения воды (ИЗВ6), который рассчитан по методу, приведенному в работе (табл. 1) [8].

Для расчетов были выбраны гидрохимические показатели загрязнения сточных вод с наибольшими превышениями ПДКв (взвешенные вещества, катион аммония, нефтепродукты, нитраты, железо общее, БПК5) [6, 7].

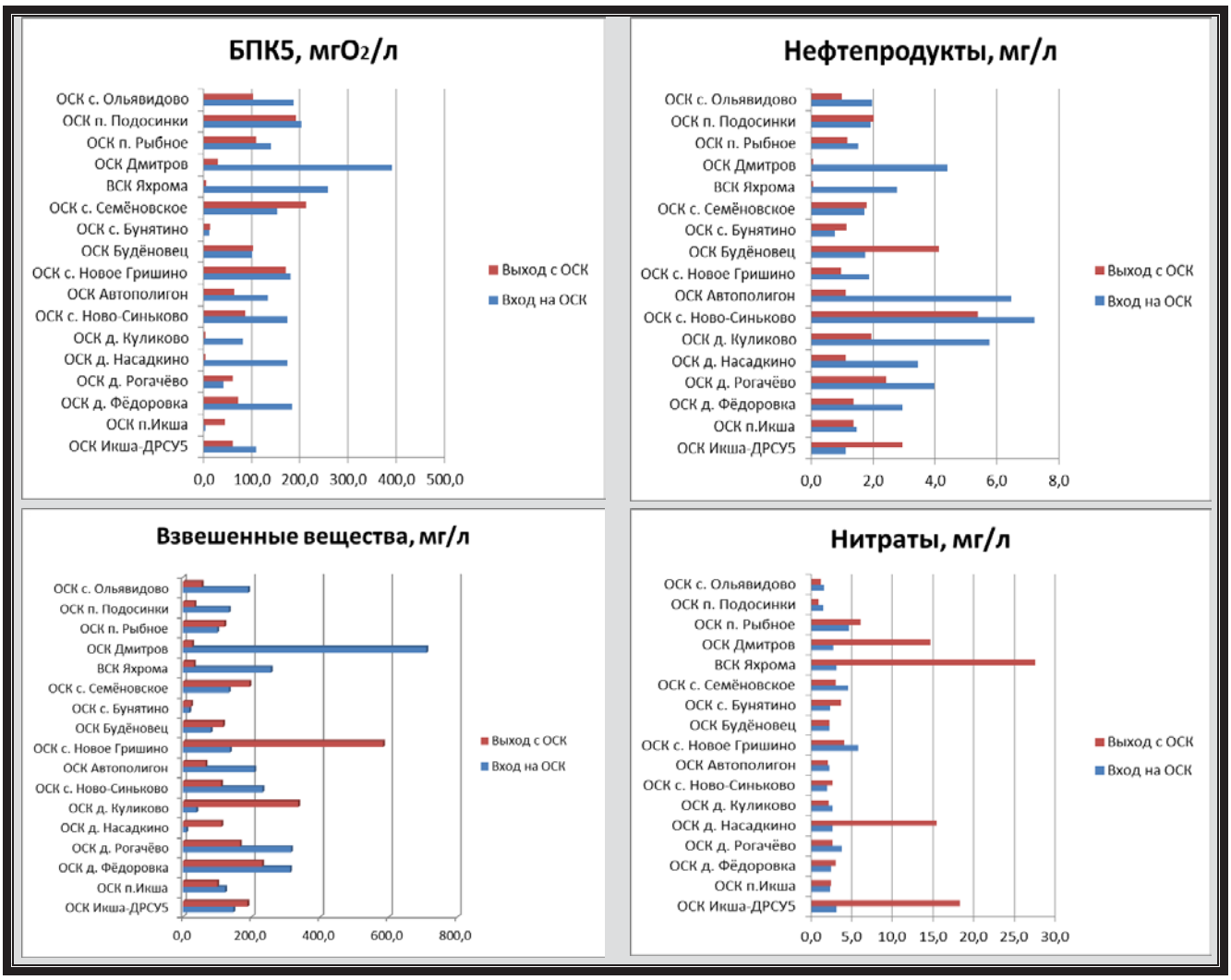


Рис. 2. Результаты анализа проб сточной воды.

Табл. 1. ИЗВ6 сточных вод после очистных сооружений в населенных пунктах

	с. Нов. Гришино	д. Куликово	д. Федоровка	с. Семеновское	д. Рогачево	с. Ново-Синьково	с. Буденовец	п. Рыбное	п. Икша	с. Ольявидово	п. Подосинки	п. Автополигон	д. Насадкино	с. Бунятино	г. Дмитров	г. Яхрома
ИЗВ6*	**150,1**	**91,0**	**78,8**	**69,8**	**66,4**	**59,7**	**55,4**	**47,3**	**40,4**	**40,3**	**39,0**	**33,3**	**29,8**	**16,8**	**8,4**	**8,2**

Исходя из полученных результатов и учитывая классы качества воды по ИЗВ6 («6-10» – очень грязная VI класс, а «>10» – чрезвычайно грязная VII класс), целесообразно выделить три степени уровня очистки сбрасываемых сточных вод и предложить следующую классификацию:

- I – относительно очищенная (ИЗВ6 = 5–10)
- II – слабо очищенная (ИЗВ = 10–45)
- III – практически неочищенная (ИЗВ = 45–200)

Степени очистки сбрасываемых в реки Дмитровского района сточных вод ОСК представлены на рис. 3. Половина из исследованных ОСК сбрасывают практически неочищенную воду. В реки Дмитровского района каждый день попадает сточная вода с концентрациями загрязняющих веществ, которые могут оказывать серьезное влияние на водную экосистему [9, 10]. Со сточными водами в реки попадает большое количество растворенного органического вещества и биогенных элементов, что приводит к их эвтрофикации [3]. Сброс нефтепродуктов, взвешенных веществ, катионов металлов пагубно влияет на биоразнообразие водоемов. Таким образом, малые очистные сооружения Дмитровского района Московской области оказывают негативное влияния на поверхностные воды, загрязняя их сбросами слабо очищенных или практически неочищенных сточных вод.

Для решения проблемы недостаточной очистки и, соответственно, загрязнения поверхностных вод требуется внедрение новых технологий канализования поселений. Необходимо обращать особое внимание при проектировании малых очистных сооружений на их длительную автономную работу и предусматривать, возможно, дистанционный контроль за их работой [9]. Также необходима коррекция нормативно-технических документов на региональных уровнях, обеспечивающих экологическую защиту водных объектов.

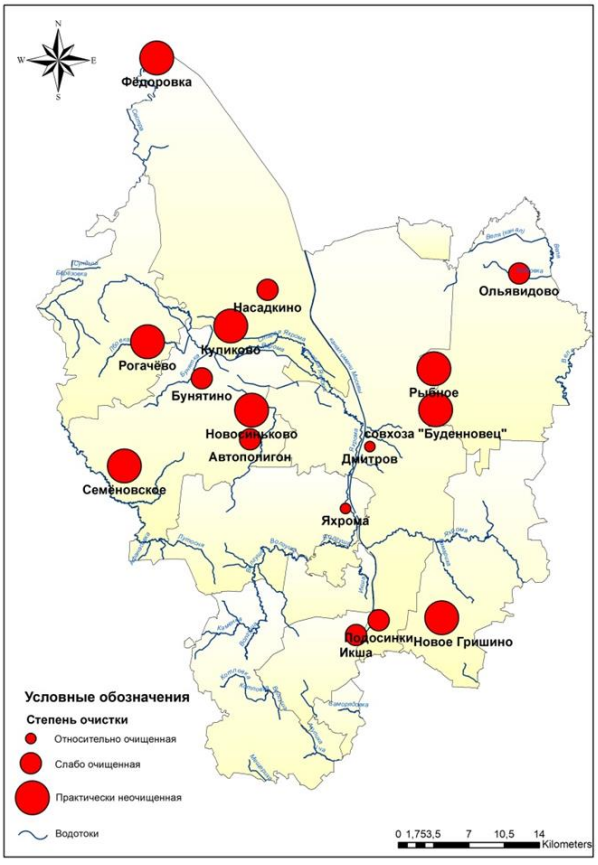


Рис. 3. Степень очистки сточных вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке лаборатории мониторинга водных систем кафедры Рационального природопользования географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в рамках НИР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стадницкий Г.В., Родионов А.М. Экология.* СПб: Химия, 1996. С. 168–173.
2. *Васильева М.В., Натарова А.А., Мелихова Е.П.* Антропогенное воздействие на малые реки центральной России // Интеграционные процессы в науке в современных условиях. Сб. статей Международной научно-практической конференции. 2015. С. 171–172.
3. *Остроумов С.А.* Загрязнение, самоочищение и восстановление водных экосистем. М.: «МАКС Пресс», 2005. 100 с.
4. Мособлстат: [Электронный ресурс] // URL: http://msko.gks.ru/ (Дата обращения 20.02.2018).
5. *Пупырев Е.И.* Системный анализ сооружений очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 3. С. 18–23.
6. Постановление Правительства РФ от 19 декабря 1996 г. №1504 «О порядке разработки и утверждения нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты».
7. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы.
8. *Горшкова О.М., Долгалева А.И., Корешкова Т.Н., Слипенчук М.В., Чевель К.А.* Изучение состояния водоемов на территории, прилегающей к полигону твердых бытовых отходов «Саларьево» // Экологические и биологические системы: сб. статей / серия: Ecological Studies, Hazards, Solutions». М.: МАКС Пресс, 2015. Vol. 20. С. 111–118.
9. *Пупырев Е.И.* Экологическое благополучие граждан. Малые очистные сооружения. Экология и промышленность России. 2017. Т. 21 № 7. С. 10–13.
10. The Wastewater – a Problem of Integrated Urban Water Management // International Economic Conference of Sibiu 2013 Post Crisis Economy: Challenges and Opportunities, IECS 2013 – Procedia Economics and Finance 6 (2013). Pp. 436–443.

УДК 628.54

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ЗАВОДА ОЦИНКОВАННОГО ПРОКАТА

Максимова Е.А.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
RRR89089116902@yandex.ru

Ключевые слова: промышленные сточные вод, осадок, оборудование, уплотнение, кондиционирование, обезвоживание, вакуум-фильтр, сушка, коагулянт, флокулянт.

Представлены основные способы обработки промышленных сточных вод и осадков. В статье изложены принципиальные методы уплотнения, кондиционирования и обезвоживания осадков. В статье выделено применяемое оборудование и популярные реагенты. Рассматриваются проблемы утилизации отходов.

WASTE WATER TREATMENT AND TREATMENT OF THE ZINCED ROLLED MATERIAL SLUDGE

Maksimova Y.A.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
RRR89089116902@yandex.ru

Key words: industrial waste waters, deposit, equipment, consolidation, conditioning, dehydration, filter press, vacuum filter, drying, coagulant, flocculant.

This article presents the main methods of treatment of wastewater sludge and industrial waste. In article basic methods of consolidation, conditioning and dehydration of rainfall are stated. In article the used equipment and popular reagents are described. Recycling problems are considered.

С каждым годом растет количество промышленных предприятий, что приводит к увеличению объемов потребляемой воды. Вода – это один из важнейших ресурсов любого производства. В данной работе речь пойдет о промывных водах прокатного производства. Промывные воды содержащие ионы тяжелых металлов, тем самым наносят огромный экономический и экологический ущерб. На сегодняшний день для таких видов предприятий разработаны технологии по созданию водного хозяйства замкнутого цикла. На таких предприятиях все сточные воды, после очистки используются повторно. Осадки, которые образуются при обработке сточных вод, подвергаются кондиционированию, обезвоживанию, сушке и повторному использованию в зависимости от своего состава.

Объекты исследования – это реальные сточные воды и осадки, образующиеся при их обработке.

Состав сточных вод варьировался в следующих пределах:

pH – от 3,3 до 7,2

Zn^{2+} - от 183 до 1310 мг/см^3

Cr^{6+} от 52 до 101 мг/см^3

Fe^{3+} от 1,5 до 210 мг/см^3

Существующая технологическая схема обработки сточных вод и осадков представлена на рис. 1. На прокатном производстве образуются 3 вида сточных вод цинксодержащие, хромсодержащие, кисло-щелочные. Сточные воды, в зависимости от состава, подвергаются процессам нейтрализации, восстановления, отстаивания. При использовании данной технологической схемы огромные объемы очищенной воды сбрасываются в канализацию. Осадки получаются смешанного состава их трудно утилизировать.



Рис. 1. Существующая схема очистки сточных вод и осадков

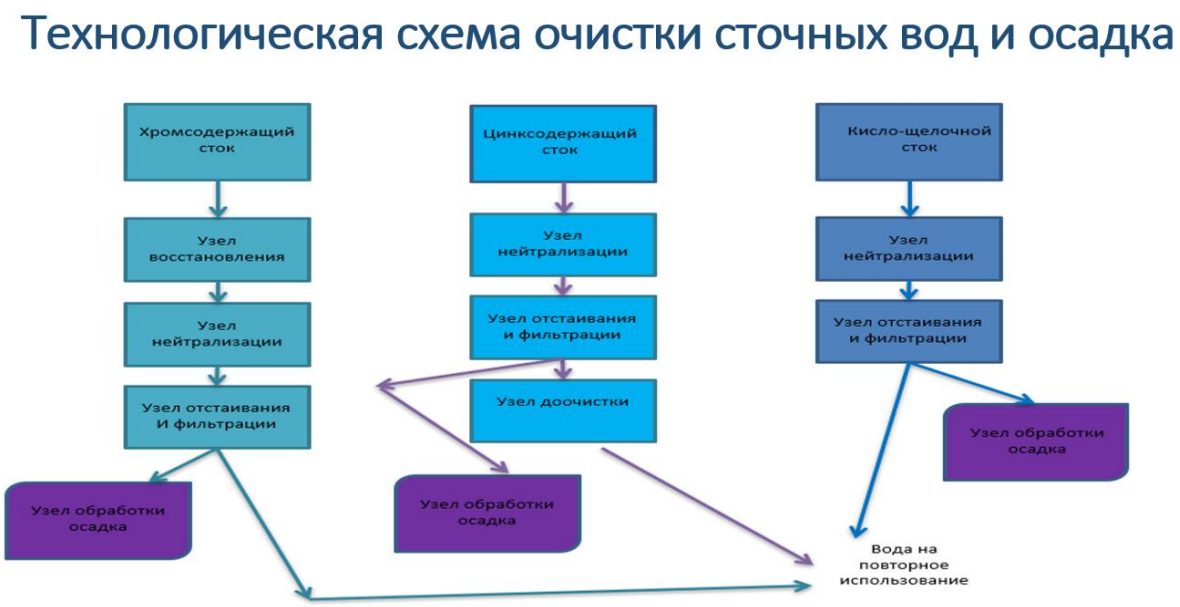


Рис. 2. Технологическая схема очистки сточных вод и осадков.

Предлагаемая схема очистки сточных вод представлена на рис. 2. Она представляет собой очистку сточных вод локально. Данная схема позволяет использовать повторно очищенную воду и утилизировать осадок.

При моделировании процессов очистки сточных вод на первом этапе после изучения технологических параметров сточных вод производилась нейтрализация.

Так как хром содержащие сточные воды содержат хром 6 валентный, то перед процессом нейтрализации необходимо было произвести восстановление хрома до 3 валентной формы на рисунке 3 представлен график зависимость восстановителя от содержания хрома 6 валентного.

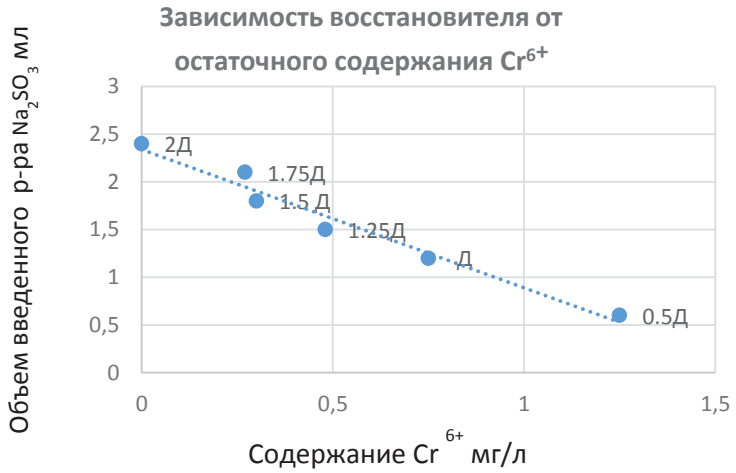


Рис. 3. Зависимость восстановителя от содержания хрома 6 валентного.

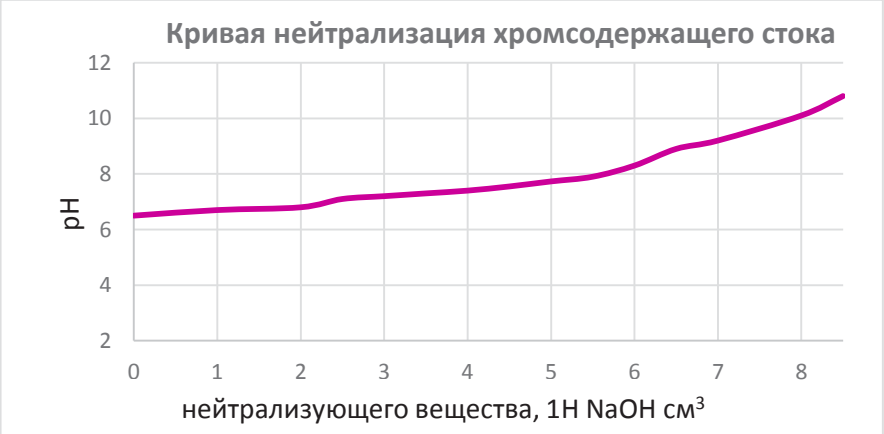


Рис. 4. Кривая нейтрализации хромсодержащего стока

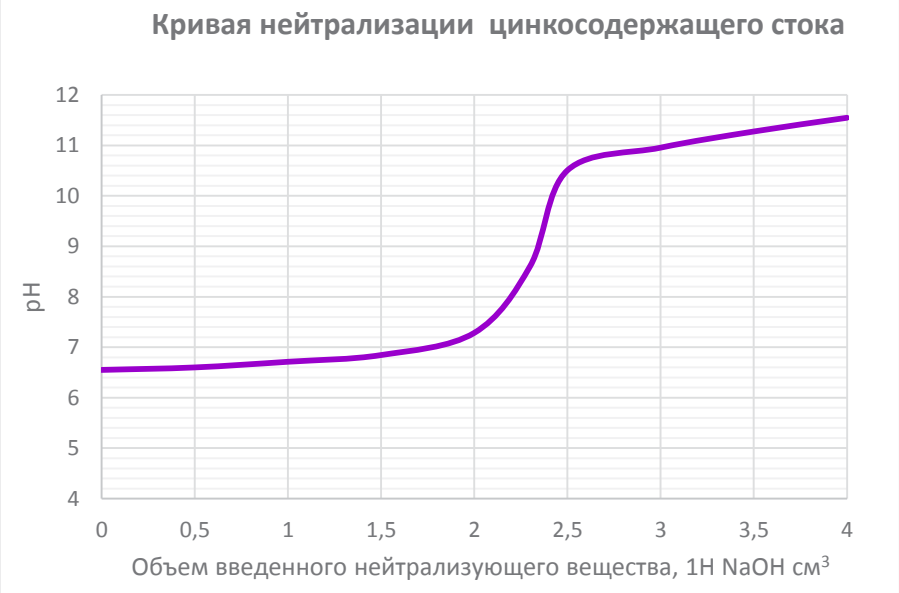


Рис. 5. Кривая нейтрализации цинксодержащих сточных вод

Для нейтрализации хромсодержащих сточных вод и цинксодержащих было принято решение использовать в качестве нейтрализующего вещества гидроксид натрия, так как необходимо избежать лишних примесей в осадке. Кривая нейтрализации хромсодержащего стока раствором 1Н NaOH представлена на рис. 4, кривая нейтрализации цинксодержащего стока представлена на рис. 5.

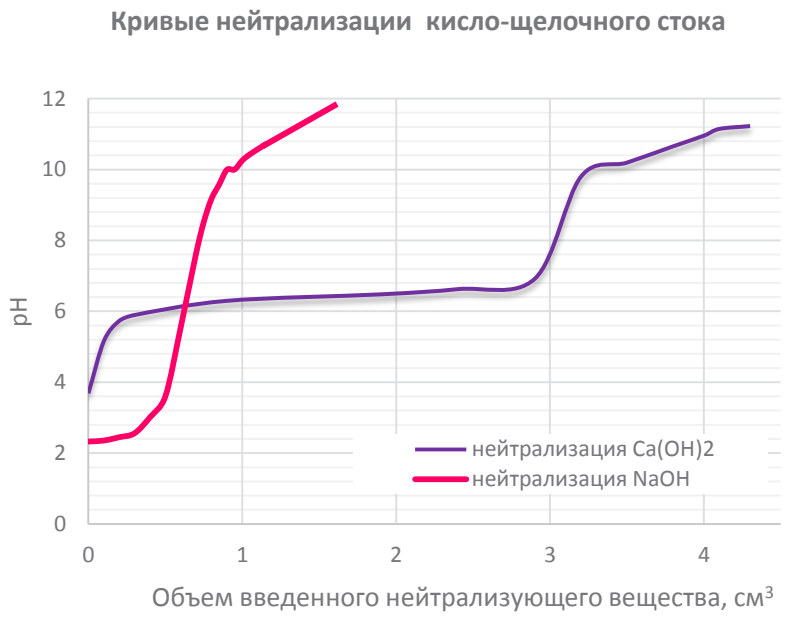


Рис. 6. Кривая нейтрализации кисло-щелочных сточных вод

Табл. 1. Технологические параметры стоков до и после процесса нейтрализации

Тип стока	Показатель	Исходный сток	Очищенный сток
Кисло-щелочной сток	pH	2,452	7,026
	Содержание Fe^{3+}	210 мг/л	0
	Содержание Cr^{6+}	0	0
	Концентрация взвешенных веществ	1 г/л	0,9 г/л
	Общее солесодержание	1 г/л	1 г/л
Цинксодержащий сток	pH	6,096	9,085
	Содержание Fe^{3+}	8,2мг/л	0
	Содержание Zn^{2+}	1074,87 мг/л	0
	Концентрация взвешенных веществ	0,3 г/л	0,9 г/л
	Общее солесодержание	2,9 г/л	2,7 г/л
Хромсодержащий сток	pH	2,778	6,755
	Содержание Fe^{3+}	1,03 мг/л	0
	Содержание Cr^{6+}	83,81 мг/л	0
	Концентрация взвешенных веществ	0,3 г/л	0,2г/л
	Общее солесодержание	1,8 г/л	1,8 г/л

В ходе процесса нейтрализации кисло-щелочного стока различными реагентами было установлено, что наиболее выгодным для процесса нейтрализации является гидроксид кальция по экономическим соображениям. Кривая нейтрализации кисло-щелочных сточных вод представлена на рис. 6.

Из табл. 1 можно сделать выводы о там, что кисло-щелочные и хромсодержащие сточные воды можно использовать повторно после незначительной доочистки, которую можно осуществить на песчаных фильтрах.

Сток цинксодержащий требует доочистки. Поскольку солесодержание стока не удовлетворяет требованиям предъявляемым к воде, которую можно использовать повторно. В качестве доочистки был выбран метод нанофильтрации. На рис. 7-9 представлены стоки до и после нейтрализации.

Следующим основным этапом было моделирование процесса уплотнения осадка, образующегося после процесса нейтрализации. На процесс сгущения главным образом влияет состав осадка и его свойства. Для интенсификации процесса сгущения использовались флокулянты марки Праестол 2530 (средней анионной активности), 2500 (неионогенный), 650 (средней катионной активности). Графики уплотнения представлены на рис. 10-12.



Рис. 7. Хромсодержащий сток до и после нейтрализации

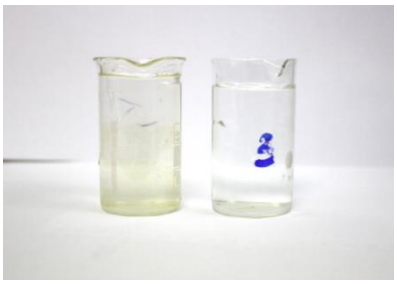


Рис. 8. Цинксодержащий сток до и после нейтрализации



Рис. 9. Кисло-щелочной сток до и после нейтрализации

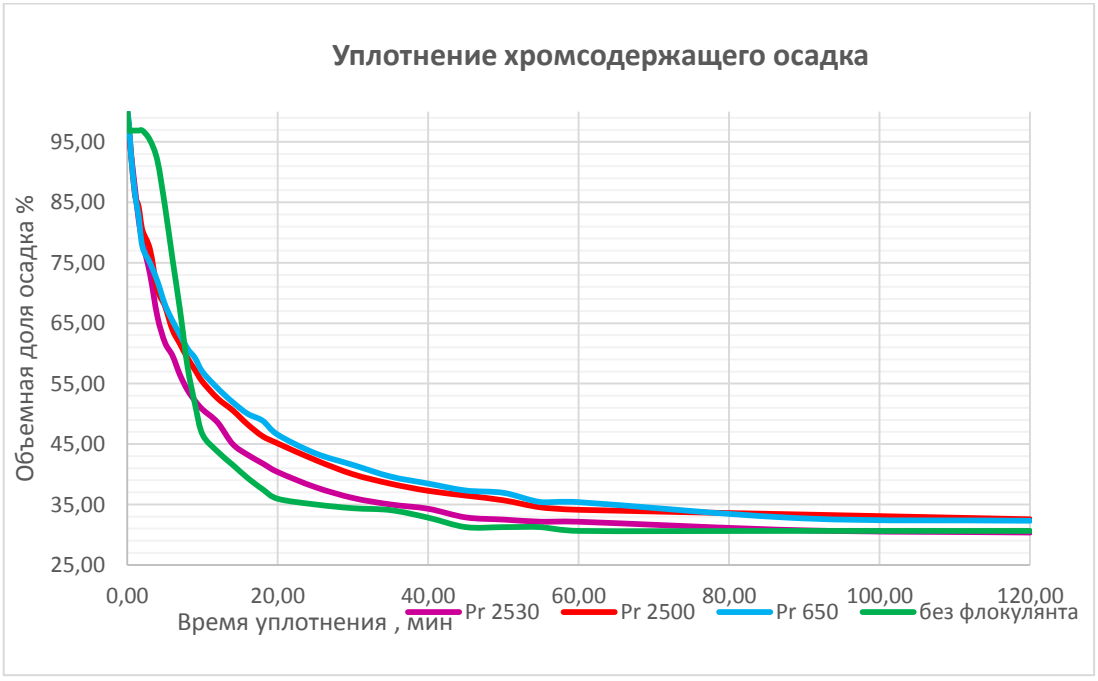


Рис. 10. Кривая уплотнения хромсодержащих сточных вод.

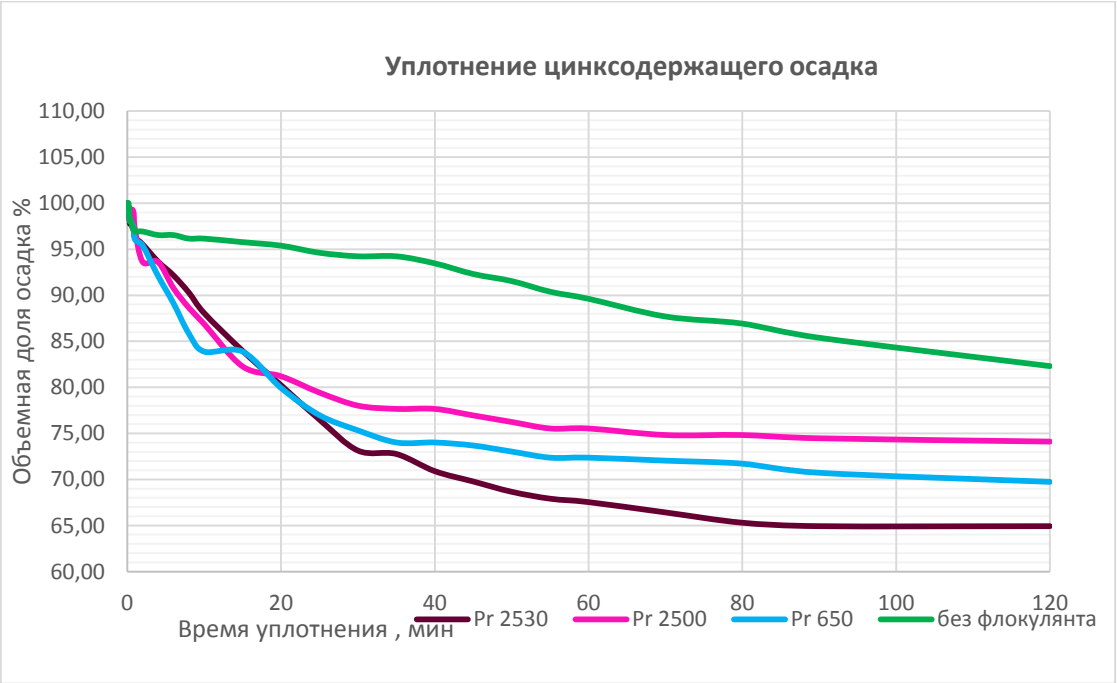


Рис. 11. Кривая уплотнения цинксодержащих сточных вод

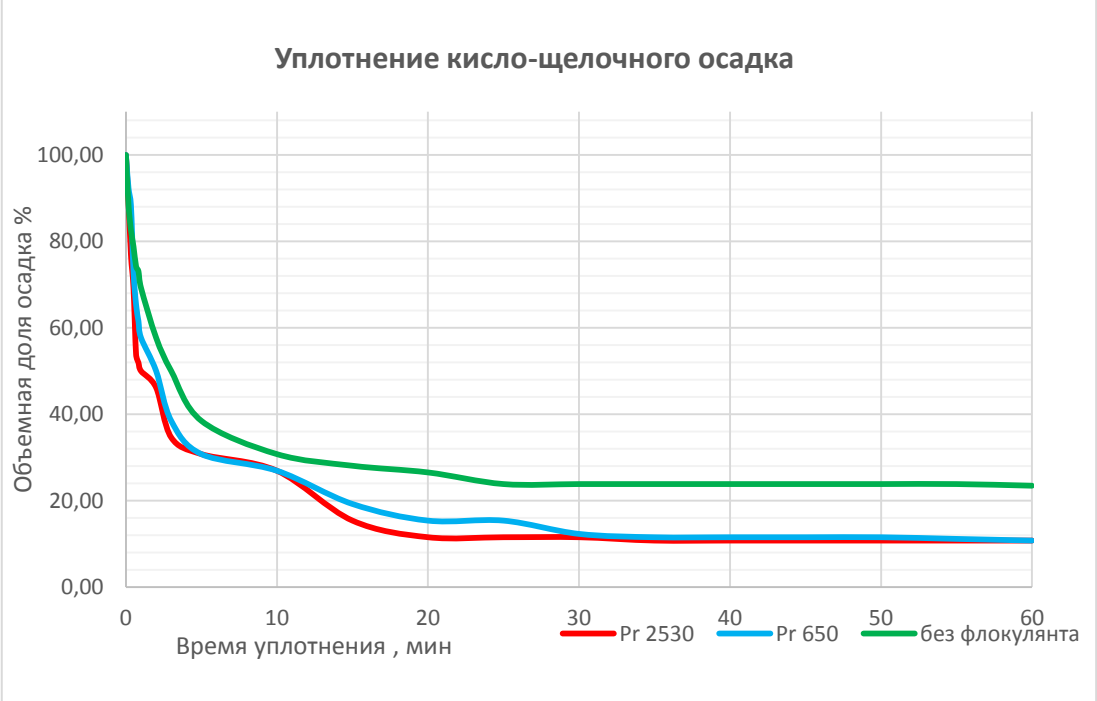


Рис. 12. Кривая уплотнения кисло-щелочных сточных вод

В ходе моделирования процесса уплотнения наилучший результат был достигнут при использовании флокулянта Праестол 2530 для цинксодержащих и хромсодержащих осадков. Кисло-щелочные осадки уплотняются одинаково с как с канионным так и с анионным флокулянтом.

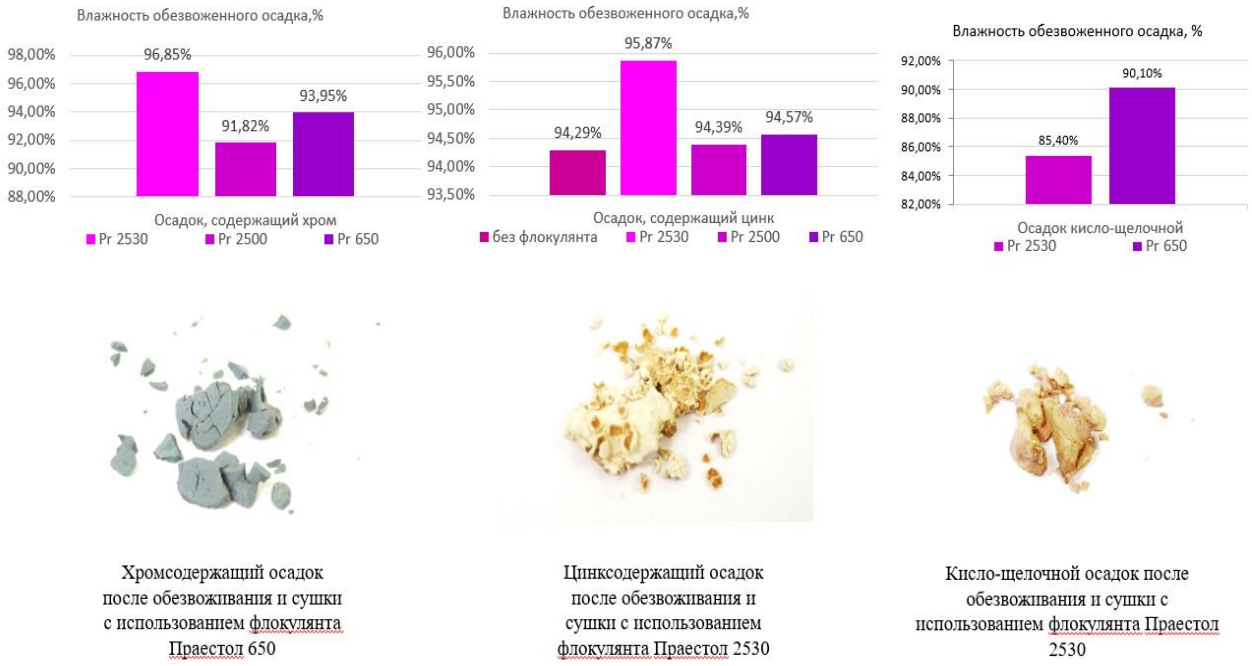
Для моделирования процесса обезвоживания была выбрана лабораторная установка вакуум-фильтрации. В ходе моделирования были получены данные таблицы 2.

Табл. 2. Технологические свойства осадков

Осадок, содержащий хром			
	Флокулянт Праестол 2530	Флокулянт Праестол 2500	Флокулянт Праестол 650
Время фильтрации $t_{фил}$, с	600	600	420
Давление Р, кгс/см^3	0,67	0,67	0,67
Толщина слоя кека $h_{кека}$, мм	4	4-5	3
Объем осадка $V_{ос}$, см^3	60	60	60
Объем фильтрата $V_{ф}$, см^3	47,2	40	57,6
Цвет	Серо-синий	Серо-синий	Серо-синий
Визуальные особенности, адгезия к фильтровальной ткани	Липкий мажущий, адгезия плохая	Липкий мажущий, адгезия плохая	Плотный, адгезия средняя

Осадок, содержащий цинк				
	Без добавления флокулянта	Флокулянт Праестол 2530	Флокулянт Праестол 2500	Флокулянт Праестол 650
Время фильтрации $t_{фил,}$ с	210	210	120	120
Давление Р, кгс/см^3	0,67	0,67	0,67	0,67
Толщина слоя кека $h_{кека,}$ мм	3	6	5	6
Объем осадка $V_{ос}$, см^3	50	50	50	50
Объем фильтрата $V_{ф,}$ см^3	48,8	33,6	40,8	40,8
Цвет	Светло-оранжевый, молочный	Светло-оранжевый молочный	Светло-оранжевы, молочный	Светло-оранжевый, молочный
Визуальные особенности, адгезия к фильтровальной ткани	Липкий мажущий, адгезия плохая	Липкий, адгезия средняя	Липкий, адгезия средняя	Липкий мажущий, адгезия плохая

Кисло-щелочной осадок		
	Флокулянт Праестол 2530	Флокулянт Праестол 650
Время фильтрации $t_{фил}$, с	120	120
Давление Р, кгс/см^3	0,67	0,67
Толщина слоя кека $h_{кека}$, мм	2-3	1-2
Объем осадка$V_{ос,}$ см^3	25	20
Объем фильтрата $V_{ф}$, см^3	24,8	12,8
Цвет	коричневый	коричневый
Визуальные особенности, адгезия к фильтровальной ткани	Липкий, адгезия средняя	Липкий мажущий, адгезия плохая



Хромсодержащий осадок после обезвоживания и сушки с использованием флокулянта Праестол 650

Цинксодержащий осадок после обезвоживания и сушки с использованием флокулянта Праестол 2530

Кисло-щелочной осадок после обезвоживания и сушки с использованием флокулянта Праестол 2530

Рис. 13. Влажность осадков и их визуальные особенности.

На рис. 13 представлены визуальные особенности осадков после сушки и их влажность.

В ходе исследование установлено, что для хромсодержащих и кисло-щелочных осадков подходит флокулянт Pr 2530, а для цинксодержащих флокулянт Pr 650.

Отработана схема обработки цинксодержащего стока с получением очищенной воды. После предварительного кондиционирования, очищенную воду рекомендуется использовать повторно. Полученный цинксодержащий осадок после кондиционирования, рекомендован к утилизации. Осадок может быть использован:

- в качестве пигмента в производстве лакокрасочных материалов
- в качестве исходного сырья или добавки в металлургическом производстве.

Отработана схема обработки хромсодержащего стока с получением очищенной воды. После предварительного кондиционирования, очищенную воду рекомендуется использовать повторно. Полученный хромсодержащий осадок, после кондиционирования, рекомендован к утилизации. Осадок может быть использован:

- в лакокрасочной промышленности – для получения краски изумрудно-зеленого цвета, устойчивой к действию света, огня и кислорода воздуха и используемой в книгопечатании;
- в качестве исходного сырья или добавки в металлургическом производстве;
- в качестве абразивных частиц для получения полирующей пасты, поскольку твердость оксида хрома по шкале Маоса равна 9;
- в виде красителя и в производстве стекломрамора, стекломозаики, стеклоблоков;
- в виде компонент в процессе изготовления черепицы.

Отработана схема обработки кисло-щелочного стока с получением очищенной воды. После предварительного кондиционирования, очищенную воду рекомендуется использовать повторно. Полученный осадок, после кондиционирования, рекомендован к утилизации. Осадок может быть использован:

- в качестве заполнителя при производстве строительных материалов и конструкций, при строительстве дорог, для оснований, засыпки пазух фундаментов, в производстве кирпича и строительных материалов.

Таким образом, в ходе работы были изучены особенности систем водоотведения прокатного производства, изучены методы обработки сточных вод и осадков.
В технологической части изучены свойства сточных вод завода оцинкованного проката. Выбраны эффективные реагенты для обработки сточных во. В ходе исследования было проведено моделирование процессов отстаивания, сгущения и механического обезвоживания. Была изучена существующая схема обработки сточных вод. В ходе исследования в существующую схему были внесены изменения. Предложенная схема позволяет повторно использовать очищенную воду в производстве и утилизировать осадки.

УДК: 629.7.07:504.06

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В МОНИТОРИНГЕ ВОДООХРАННЫХ ЗОН

Минигалин Р. Р., Носаль А. П.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
minikrus@gmail.com

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, государственный мониторинг, водоохранная зона.

Рассмотрены возможности и перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в государственном мониторинге водоохранных зон. Виды БПЛА и их оптимальное использование, основные проблемы широкого использования, схема использования БПЛА в мониторинге ВОЗ. Предложены основные характеристики для системы хранения пространственных данных полученных с помощью БПЛА.

THE PROSPECTS OF PILOTLESS VEVICLES USE IN WATER/PROTECTIVE ZONES MONITORING

Minigalin R. R., Nosal A. P.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection,
Ekaterinburg, Russia
minikrus@gmail.com

Key words: unmanned aerial vehicles, state monitoring, water protection zone.

The possibilities and prospects of the use of unmanned aerial vehicles in the state monitoring of water protection zones are considered. Types of UAVs and their optimal use, the main problems of widespread use, the scheme of using UAVs in monitoring water protection zones. The main characteristics for the storage system of spatial data obtained using UAVs are proposed.

В соответствии с «Положением об осуществлении государственного мониторинга водных объектов» (далее – ГМВО), утвержденном ППР №219 от 10.04.2007 г., входит мониторинг состояния и режима использования водоохранных зон (ВОЗ) [1]. Данный вид мониторинга включен в состав ГМВО впервые, ранее контроль за соблюдением специального режима хозяйствования в их пределах осуществлялся выборочно или на основании поступивших жалоб, т.е. не на постоянной основе и точечно, сводясь преимущественно к фиксации выявленных нарушений при натурном обследовании контролирующими органами.

В настоящее время, согласно действующих нормативно-методических документов, за мониторингом состояния ВОЗ и режима их использования отвечают уполномоченные органы исполнительной власти (ОИВ) субъектов Российской Федерации в рамках Региональных программ, а также водопользователи в соответствии с программой наблюдений за водным объектом [2]. Информация о состоянии ВОЗ может быть использована для решения широкого круга водохозяйственных и природоохранных задач, связанных с выявлением неорганизованных и рассредоточенных источников загрязнения, потенциально опасных зон берегов водных объектов и т.д. В настоящее время сведения аккумулируются в автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [3], но их полнота, объективность и полезность очень ограничены по ряду причин, связанных как с недостатками собственно форм АИС

ГМВО, так и объективными проблемами осуществления мониторинга ВОЗ ввиду их специфики и отсутствия опыта его проведения.

Значительным отличием мониторинга ВОЗ от всех других видов ГМВО, привязанных к определенным стационарным створам наблюдений, является его масштабность, необходимость охвата больших пространственных участков, в том числе на труднодоступных и удаленных от транспортной инфраструктуры районов, проблем с доступом на территорию прибрежных земельных участков, находящихся в частной собственности и т.д. При этом возникают принципиальные отличия в требуемом для проведения обследования оборудовании и подходах для участников мониторинга: ОИВ и водопользователей. Для водопользователей в пределах относительно небольших земельных участков выполнение мониторинга возможно с использованием геодезического оборудования. По заданию ОИВ теоретически должны наблюдаться участки ВОЗ большой протяженности, где использование даже современного геодезического оборудования является весьма трудоемкой и затратной во всех отношениях задачей.

Оптимальным видится решение поставленной задачи при помощи дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), к которому можно отнести как спутниковую космическую съемку, так и аэрофотосъемку. Но специальное проведение спутниковой съемки или съемки с самолетов с требуемым пространственным разрешением дорогостоящее и технически сложное на всех этапах мероприятие.

В связи с этим наиболее перспективным для целей мониторинга ВОЗ является использование современных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые в последние годы стали доступны для широкого применения. Постоянное совершенствование технологий и программ БПЛА, направленные на повышение точности и автоматизация процессов съемки и обработки материалов существенно увеличивают оперативность получения данных и способны удовлетворить многие запросы гидроморфологического мониторинга, в том числе мониторинга ВОЗ. Альтернативного варианта для мониторинга ВОЗ фактически не просматривается.

БПЛА предоставляют большие возможности для дистанционного картографирования и пространственно-временного мониторинга ВОЗ: периодическая съемка ВОЗ и береговой линии, оперативное картографирование после аварий или климатических катаклизмов и др. Широкая линейка существующих БПЛА позволяет осуществить выбор типа летательного аппарата в зависимости от приоритетности задач, типа и масштабов водного объекта.

Среди БПЛА выделяются два основных типа – вертолетные и самолетные. БПЛА вертолетного типа – квадрокоптеры – оптимальны на относительно небольших водоемах или территориях с всевозможными формами полигонов облета. Их преимущество в оперативности развертывания, отсутствие требований по площадке старта-посадки, мобильность, компактность, управляемость, высокий диапазон работы по высоте, способность к зависанию для детальной съемки по маршруту в заданных точках. Основные недостатки: небольшая продолжительность полетов и связанные с этим ограничения по дальности и площади полетов.

БПЛА самолетного типа предназначены для съемки обширных территорий и линейно-протяженных объектов. Их преимуществом являются высокая длительность и скорость полетов, значительно большая масса полезной нагрузки, охват больших территорий. Из недостатков: имеются ограничения в минимальной высоте полета (около 100 м), необходимость открытой площадки для взлета-посадка, большие габариты и необходимость транспорта для перевозки, высокая скорость и отсутствие способности к зависанию затрудняют детальную съемку мелких объектов. Диапазон горизонтальной скорости каждого типа определяет степень точности следования БПЛА по заданному маршруту координат и как следствие детальности проводимой съемки и возможности ее надежной обработки.

Соотношение недостатков и преимуществ каждого типа БПЛА в сочетании с задачей и объемом работ определяет сферу их применимости. БПЛА самолетного типа более подходят для больших и открытых территорий для водных объектов с ВОЗ не менее 100 м

(крупные водохранилища и водотоки степной и лесостепной зоны, зоны тундры и лесотундры, водные объекты с слабо освоенной прибрежной территорией и пологим рельефом в лесной зоне).

Использование квадрокоптеров более рационально при мониторинге ВОЗ относительно небольших водоемов и или отрезков ВОЗ других водных объектов, требующих более детального обследования для определения нарушений, определения изменений основных микроландшафтов и т.п. Применение квадрокоптеров на больших водоемах (площадях) малоэффективно, что подтверждается практическими результатами на Цимлянском водохранилище (акватория составляет 2 702 км^2, протяженность береговой линии 660 км). Съемка береговой линии и ВОЗ водоема не завершена в течение 2 лет [4].

Существенно большая эффективность и оперативность достигается при использовании квадрокоптера на средних и малых водоемах. Например, Нязепетровское водохранилище, расположенное в Челябинской области, имеет акваторию 19,5 км^2 и протяженность береговой линии 60 км. Водохранилище имеет извилистую форму, ВОЗ на большей части периметра покрыта лесом, хозяйственная длительность фрагментарна. Эти особенности обусловили возможность сочетания вариантов упрощенного обследования БПЛА на большой скорости с более детальным обследованием и съемкой на участках хозяйствования на малых скоростях. Детальное обследование позволило выделить несанкционированные участки рекреации и другие объекты с нарушением режима хозяйствования в пределах ВОЗ (свалки, вырубки и пр.), выявлены участки с эрозионной деформацией береговой линии и нарастающим заболачиванием прибрежной зоны и т.д. (рисунок 1). В итоге мониторинг ВОЗ водохранилища удовлетворительного качества проведен в течение 2 дней с помощью квадрокоптера.



Рис. 1. Деформация берегов на Нязепетровском водохранилище.

Задача оценки изменения положения береговой линии со временем значительно упрощается при внесении в маршрутную карту БПЛА координат границы ВОЗ. Граница ВОЗ находится на суше и не подвержена воздействия вод, являясь стабильной линией отсчета изменений береговой линии. При этом периодическое обследование только ВОЗ для большинства водных объектов с использованием границы ВОЗ как базовой линии без закрепления ее на местности позволит своевременно выявить интенсификацию изменения береговой линии в результате эрозии и участки ее распространения.

Хорошие оперативные результаты при использовании квадрокоптера получены другими исследователями при оценке состояния береговой полосы при ее переформировании [5].

Несмотря на явные преимущества и в определенной степени безальтернативность для мониторинга ВОЗ имеются объективные проблемы для их широкого применения в указанных целях:

- Отсутствие регламента использования БПЛА, учитывающей особенности их комплектования, и анализа полученных данных;
- Отсутствие указаний по применению БПЛА для мониторинга из-за общей неопределенности с составом критериев при оценке состояния ВОЗ и анализа данных;
- Незавершенность процесса установления береговой линии и положения границ ВОЗ для водных объектов, отсутствие данной информации в открытом доступе;
- Ограниченность материальной базы официальных участников мониторинга и отсутствие координации между ними в пределах одного объекта;
- Противоречивость в выделении водных объектов, для которых обязательно проведение ВОЗ или их части;
- Отсутствие уполномоченного ведомства (организации), ответственной за сбор, хранение и обработку картографического материала мониторинга ВОЗ, получаемые при помощи БПЛА.

В свете вышеизложенных проблем приближенная схема использования БПЛА для мониторинга ВОЗ должна включать несколько этапов (ниже приведена схема, ориентированная на ОИВ).

1) На основе Региональной программы выделяются водные объекты, для которых требуется мониторинг ВОЗ или ее отдельных участков. Проводится предварительное изучение водного объекта и его ВОЗ по картографическим и литературным материалам, в том числе природные особенности, наличие и виды хозяйственной деятельности. Предварительный анализ позволит провести корректный мониторинг с минимальными комплексными затратами.

2) В зависимости от масштабов и попутных задач производится типа БПЛА и комплектации оборудования, осуществляющего один из следующих видов съемки:

А) Аэрофотосъемка. Практически все БПЛА укомплектованы цифровой фотокамерой, которая позволяет получить ортофотопланы фотограмметрическим методом (Agisoft Photoscan, ЦФС Photomod), отражающие оперативную картину состояния ВОЗ и обеспечивающие визуальный мониторинг. Помимо ортофотопланов данная комплектация (БПЛА+цифровой фотоаппарат) позволяют создать цифровую модель рельефа (ЦМР), используемую для получения поперечных профилей прибрежной зоны, расчета объемов абразии берегов, зон затопления и пр.. Технологии для аэрофотосъемки доступны по финансам и по простоте использования.

Б) Тепловизионная съемка. В настоящее время используется редко, что связано с дороговизной оборудования и ПО. Тепловизоры позволяют обнаружить затопленные выпуски сточных вод, засыпанные свалки с гниющими отходами, места неорганизованной рекреации, детализировать прибрежную зону со стороны водного объекта и др. Является перспективным для применения вблизи урбанизированных территорий с большой плотностью населения и освоенности береговой зоны.

В) Лидарная съемка (LiDAR). Дороговизна данного оборудования является основным фактором из-за которой использование не распространено в мониторинге. Высокая точность, при сканировании местности, дают возможность в построении ЦМР И ЦММ высокого качества, а также подсчета объемов береговой абразии, обследование, определение и отображение зоны затопления. За счет совмещения фотосъемки с проведением воздушного лазерного сканирования возможна съемка с любым типом растительности.

Г) Спектральная съемка. Спектральные камеры активно используют в сельском хозяйстве, опыт их применения будет полезен для мониторинга ВОЗ и водных объектов. При

спектральной съемке одновременно формируются несколько изображений территории в разных зонах спектра электромагнитного излучения. Комбинации спектральных изображений позволяют выявить процессы и явления, неопределяемые в видимом спектре (болотистые зоны, зоны подтопления, пойма, виды и объем растительности на водных объектах и на суше, пр.).

В настоящее время реально массово можно использовать только аэрофотосъемку с БПЛА, как наиболее дешевую и доступную. Остальные виды могут использоваться только при наличии соответствующего оборудования и специалистов.

3) Создание плана полета, основывающееся на использовании границ ВОЗ из ГВР или кадастра недвижимости в качестве базисной линии. Проведение аэрофотосъемки ВОЗ заданной детальности.

4) Обработка данных съемки при помощи специализированных геоинформационных систем (ГИС) для обработки данных ДДЗ. Наиболее подходящие решением для обработки система ArcGIS и QGIS, которые имеют широкий функционал для работы с пространственными данными и их визуализации, обработки, анализа и хранение. Результатом обработки данных является цифровой анализ территории ВОЗ, оценка и послойное представление пространственной информации.

5) Хранение и итоговое представление полученных данных. Согласно Положения о ГМВО информация о мониторинге ВОЗ должна храниться в АИС ГМВО, но его нынешняя форма не подразумевает хранение подобных типов данных. Одним из перспективных направлений является предложение о хранение обработанных цифровых данных мониторинга ВОЗ в облачных геоинформационных системах, что особенно актуально для многолетних наблюдений. [6]

Для практического использования собранной информации требуется систематизация в хранении, структурировании и удобстве использования пространственными и количественными данными всеми участниками мониторинга, а особенно потенциальными пользователями (надзорные и контролирующие органы, проектно-изыскательские и научные организации, органы управления разного уровня, пр.).

Для удовлетворения указанных потребностей в использования данных мониторинга система хранения пространственных данных должна базироваться на следующих характеристиках:

- Система основывается на ГИС – платформе;
- Обязательная облачная форма хранения данных
- Максимальная автоматизация процессов;
- Гибкая система;
- Поддержка различных типов и объемов данных;
- Все данные привязаны к полигону, к кривой или точке с географическими координатами;
- Послойная структура данных;
- Импорт и экспорт всей информации;
- Экспорт данных в различных видах;
- Поддержка мобильных устройств, внесение геоданных и другие аргументации во время полевых работ;
- Структурированная и конкретизированная система слоев данных и их фильтр;
- Структурированная и автоматизированная схема для импорта данных в систему участниками мониторинга;
- Автоматическая оценка состояния ВОЗ и водных объектов по имеющим данным мониторинга;
- Визуализация всех типов данных;
- Единая система для всех участников мониторинга.

БПЛА и выше представленный инструментарий используются в смежных областях, поэтому типы данных будут схожи, и отличаться только атрибуцией. В настоящее время имеются концепции создания единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), но имеют ограниченный интерфейс и не ориентированы на работу с большими данными. [7]. Однако использованная в указанной концепции общая схема может быть использован и для фонда данных ГМВО в области мониторинга ВОЗ, в том числе для соблюдения совместимости баз данных.

Создание полноценной и универсальной платформы для хранения и использования фонда данных государственного экологического мониторинга является перспективным и важным направлением в мониторинге ВОЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 10 апр. 2007 г. №219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов. // Собрание законодательства РФ. 2007. № 16.
2. Приказ Минприроды России от 08.10.2014 № 432 «Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей». Зарег. в Минюсте России 11.11.2014 № 34630.
3. Приказ Росводресурсов от 10 февраля 2014 г. № 35 «О вводе в постоянную эксплуатацию автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации».
4. Отчет ФГБУ РосИНИВХЦ. Разработка инструктивно-методических материалов по созданию на базе беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий программно-аппаратных комплексов для проведения мониторинга состояния берегов и водоохранных зон водных объектов. Ростов-на-Дону, 2018. 261 с.
5. *Лучников А.И, Ляхин Ю.С., Лепихин А.П.* Опыт применения беспилотных летательных аппаратов для оценки состояния берегов поверхностных водных объектов // Водное хозяйство России. 2018. № 1. С. 37-46.
6. *Быстров А.Ю.* Разработка методики геоинформационного обеспечения мониторинга водоохранных зон рек и водохранилищ: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2018. 24 с.
7. Приказ Росгидромета от 02.02.2017 N 23 «Об утверждении Концепции совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды с учетом конкретизации задач федерального, регионального и локального уровней на 2017 - 2025 годы»

УДК 528.44

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Могильникова А.В.
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»,
г. Новосибирск, Россия
Mogilnikova_nastya@mail.ru

Ключевые слова: искусственные водные объекты, экологическая оценка, геоинформационные технологии.

В работе представлены методика исследования состояния искусственных водных объектов и результаты ее апробации на примере одного из таких водоемов, расположенных на территории г. Новосибирска.

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE RESEARCH OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF ARTIFICIAL WATER OBJECTS

Mogilnikova A.V.
Siberian State University of Geosystems and Technologies, Russia, Novosibirsk
Mogilnikova_nastya@mail.ru

Key words: artificial water bodies, environmental assessment, geo-information technologies

The paper presents the method of studying the state of artificial water bodies and the results of its testing on the example of one of these reservoirs located in the territory of the city of Novosibirsk.

Важной составляющей урбанизированной территории является наличие водных ресурсов, среди которых часть составляют водоемы искусственного происхождения. Они оказывают влияние на изменение прилегающих к ним территорий, тем самым способствуют появлению новых природных комплексов.

Управление по обеспечению рационального использования, поддержание необходимого качества воды и обеспечение безопасности за водными объектами прописаны в нормативно правовой документации. Однако формально искусственные водоемы не относятся к определенной группе водных объектов, поэтому осуществление деятельности по их эксплуатации, контроль компонентов водного объекта и меры по соблюдению экологической безопасности имеют ряд особенностей.

Цель работы заключается в анализе экологических аспектов искусственных водоемов, расположенных в г. Новосибирске, и проведения оценки экологического состояния обводненного карьера на Юго-западном жилом массиве.

Основным условием в природоохранном обустройстве водных объектов, расположенных в городских зонах и прилегающих к ним территорий (пляжная зона, набережная и т.д.) заключается в оптимальной комбинации инженерно-технических, социально-экономических и экологических условий и подходов в период проектирования, застройки и эксплуатации.

На территории г. Новосибирска находится 15 обводненных карьеров, прибрежная зона которых характеризуется средней и высокой степенью загрязнения. В настоящее время такие водные объекты практически не защищены в правовом статусе от источников антропогенного воздействия. Для своевременного прогнозирования воздействия хозяйственной деятельности и регулирования антропогенной нагрузки на водные объекты городских территорий предлагается установление водоохранной зоны для обводненных

карьеров на основании экологического мониторинга за состоянием дна, берегов, состава и свойства воды водоемов по экологическим санитарно-эпидемическим данным. Размеры водоохранной зоны искусственных сооружений должны быть достаточными для сохранения самоочищающейся способности воды при организации зон рекреации для населения города.

Предложена методика исследования искусственных водоемов с использованием современных технических средств: аэрофотосъемки с использованием квадрокоптеров и геоинформационных систем.

Предложенная методика была апробирована на примере исследования территории искусственного водоема на Юго-западном жилом массиве города Новосибирска. В результате дана экологическая оценка состояния прилежащей к обводненному карьеру прибрежной зоны, а также оценка самого водного объекта.

Для картографирования исследуемой территории использовались материалы аэрофотосъемки с квадрокоптера Dji Phantom 3 Professional. В результате аэрофотосъемки получено 890 снимков с пространственным разрешением 2 см на местности. С учетом сложной конфигурации береговой линии, съемочные участки включали от двух до четырех маршрутов. Планово-высотное съемочное обоснование включало 36 опорных и пять контрольных точек, в качестве которых служили искусственные объекты (элементы бетонных ограждений и строений, опоры линии электропередачи (ЛЭП), колодцы ливневой канализации). Измерение пространственных координат точек планово-высотного обоснования в системе координат МСК Новосибирской области выполнено при помощи комплекта ГНСС TOPCON GB-1000 с точностью 10 см в плане. Фотограмметрическая обработка снимков выполнена с использованием программных продуктов Agisoft Photoscan, Photomod, в результате чего создан ортофотоплан.

Тематическое картографирование выполнялось средствами ГИС MapInfo, сформированы следующие слои «Элементы рельефа береговой линии», «Растительность прибрежной зоны», «Почва прибрежной зоны», «Объекты промышленного и хозяйственного значения».

Выявлено, что показатели качества воды в соответствии с гигиеническими требованиям соблюдены не в полной мере. Наблюдается превышение БПК, что свидетельствует об органическом загрязнении. Высокое значение водородного показателя может быть связано со стоками в водоем дренажных вод.

Береговая линия не имеет определенных границ. Склоны подвержены эрозии и обрушению. Обрушенные участки оставляют около семи процентов от всего периметра обводненного карьера. На территории имеются заболоченные участки, а также промоины. В непосредственной близости от водного объекта располагаются источники антропогенного загрязнения, что оказывает влияние на экологическую обстановку. Острой проблемой является наличие множества участков несанкционированных свалок по всей территории.

Так как обводненный карьер не относится к определенной группе водных объектов, а только имеет общие черты, то невозможен полный его мониторинг. Предоставление основной информации о состоянии водоема, его прибрежных территорий, показателей качества воды либо отсутствуют, либо являются недостаточно полноценным, по причине невозможности установки гидрологических постов.

Установка водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы не предусмотрена, по причине незначительной акватории обводненных карьеров.

Все эти факторы приводят к тому, что обводненные карьеры, как водные объекты в правовом статусе максимально уязвимы перед источниками загрязнения.

Искусственные водоемы расположены в городской черте и являются местом скопления населения. Это говорит о том, что следует проводить мероприятия по благоустройству территорий. Необходимы действия по укреплению берегов от разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Трубина Л.К., Селезнев Б.В.* Роль морфометрии рельефа в формировании экологических условий городской среды // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8-18 апреля 2014 г.). Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. С. 18–22.
2. *Николаева О.Н.* О совершенствовании информационного обеспечения картографирования природных ресурсов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15-26 апреля 2013 г.). Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. С. 107–112.
3. *Николаева О.Н.* Применение картографических моделей природных ресурсов для системного планирования и ведения рационального природопользования // Вопросы географии и геоэкологии. Алматы: Изд-во Инс-та географии Минобрнауки Республики Казахстан. 2013. № 2. С. 3–7.
4. *Трубина Л.К., Селезнев Б.В., Панов Д.В.* Подходы к оценке экологического состояния кадастровых участков городских территорий // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 2/1. С. 182–185.
5. *Голубчиков С.Н., Голубчиков М.С.* Водоохранные зоны Московского региона в условиях урбанизации // Вестник МНЭПУ. 2014. № 1. С. 60–68.
6. *Рысаева Ю.С., Белоногов В.А*. Водоохранные зоны как источник градостроительных экологических конфликтов // Экологический мониторинг. 2007. № 3. С. 3–13.
7. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 13.07.2015).
8. *Каманина И.З., Макаров О.А., Анисимова О.В., Каплина С.П.* Эколого-экономическая оценка воздействия на окружающую природную среду отработанных карьеров Московской области. Университет «Дубна», МГУ им. М.В. Ломоносова, ГЕОразрез http:/www.georazrez.ru 2010. С. 2–18.
9. Письмо Управления Роспотребнадзора по Новосибирской области «О результатах исследования воды на обводненном карьере».
10. *Владимиров А.М.* Гидрологические аспекты проектирования водоохранных зон для водных объектов // Ученые записки 2006. № 2. С. 125–129.
11. *Андреева М.А.* Гидрологическое обоснование водоохранных зон рек и водоемов. Вопросы охраны природы при мелиоративном строительстве: Сб. научн. тр. Л.: Ленгипроводхоз, 1987. С. 51–54.
12. *Соболь С.В., Февралев А.В., Сидоров Н.П.* Проектирование водоохраной зоны Мещерского озера в Нижнем Новгороде // Экология урбанизированных территорий. 2006. №2.
13. *Гордин И.В*. Кризис водоохранных зон России. М.: Физматлит, 2006. 180 с.
14. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 7 мая 2008 г. N 111 «Об утверждении форм и порядка представления данных мониторинга, полученных участниками ведения государственного мониторинга водных объектов» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.05.2008 № 11782).
15. *Трубина Л.К., Пяткин В.П., Зятькова Л.К.* Цифровые фотограмметрические технологии в информационном обеспечении экосистем // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 2/1. С. 49–52.

УДК 532.5.071.4

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШЛЮЗА РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ВЫБОРА ТИПОВ И РАЗМЕРОВ ГАСИТЕЛЕЙ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИХ РАЗРУШЕНИЕ КАНАЛА

Ряполова Н.Л., Тусупбеков Ж.А., Волгин А.В., Комалова А.К.
Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия
natalyaan1986@mail.ru

Ключевые слова: гидравлическое моделирование, шлюз регулятор, яма местного размыва, гаситель энергии, устойчивость русла, скорость потока.

Неправильный выбор конструкций гасителей энергии на водорегулирующих шлюзах каналов приводит к появлению неравномерных течений и их сбойности. Появление нестационарных течений может привести к переформированию течения за концевой частью рисбермы и размыву сопрягающих участков канала и флютбета. Своевременное обнаружение проблемы и правильный выбор типов и размеров гасителей энергии в пределах водобоя предотвращает появление недопустимых деформаций и возможные аварии в нижнем бьефе. В настоящей работе, с использованием физического моделирования, выполнен анализ разрушения канала ниже укрепленной части шлюза регулятора Хоробутской системы лиманного орошения и подобраны типы гасителей и их размеры предотвращающих разрушение канала.

HYDRAULIC MODELLING OF A GATEWAY REGULATOR TO CHOOSE QUENCHER TYPE AND DIMENSIONS TO PREVENT THE CHANNEL DESTRUCTION

Ryapolova N.L., Tusupbekov Zh.A., Volgin A.V., Komalova A.K.
Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia
natalyaan1986@mail.ru

Key words: hydraulic modeling, gateway regulator, local washout, energy damper, channel stability, flow rate.

Wrong choice of structures of quenchers of energy regulation at the gateways of the channels result in non-uniform flows and their breakoffs. The appearance of unsteady flow could lead to the reshaping of the end portion of the apron and the erosion of the interfacing sections of the channel and plumbata. Timely detection of the problem and the correct choice of types and sizes of energy dampers within the culvert prevents the occurrence of unacceptable deformations and possible accidents in the downstream. In the present work, using physical modeling, the analysis of the channel failure below the fortified part of the regulator's gateway is performed and the types of energy dampers and their sizes preventing the channel destruction are selected.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость постановки исследований условий работы головного шлюза-регулятора Хоробутской системы лиманного орошения [1] вызвана неудовлетворительной работой выходной части сооружения, с точки зрения сбойности и погашения энергии потока в нижнем бьефе.

При пропуске расчетных расходов соответствующим НПУ и ФПУ на мете выхода потока из расширяющей части укрепленного участка происходит размыв грунта, ведущий к обрушению откоса канала, что угрожает общей устойчивости сооружения и требует значительных ежегодных затрат на ремонт данной части сооружения.

Целью настоящей работы является исследование причин появления сбойности течения и определение способа гашения избыточной энергии потока на сооружении. Положительный результат может быть найден путем физического моделирования, как наиболее эффективного метода при поиске и оценке конструкций по ликвидации водоворотных зон и гасителей энергии. Исходя из этого, были поставлены следующие задачи:

- на основе физического моделирования, при естественных (проектных) условиях форм и размеров гасителя, установить причину разрушения нижней части сооружения;
- с учетом разных сценариев изменения водности на сооружении подобрать оптимальные формы и размеры гасителя энергии потока, обеспечивающие устойчивость нижнего бьефа от размыва и разрушений.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Опыт эксплуатации головного шлюза регулятора Хоробутской системы лиманного орошения показал, что многовариантные гидравлические расчеты по общим экспериментально-расчетным гидравлическим формулам по натурным размерам и особенностям конструкции сооружения дают удовлетворительные результаты, которые не подтверждаются при резкой изменчивости гидравлического режима, обусловленного условиями работы лиманной системы орошения. В таких условиях получить достоверные результаты, удовлетворяющие условиям эксплуатации сооружения возможно только с помощью физического моделирования на основе теории подобия гидравлических явлений, при соблюдении оригинальных (натурных) размеров сооружения и критериев подобия для выбранного масштаба модели.

Работа по моделированию выполнялось в два этапа:

- Первый этап предусматривал испытание модели существующего сооружения со всеми конструктивными особенностями согласно проектного решения.
- Второй этап выполнен для поиска оптимального способа гашения энергии выходящего потока с подбором и опробованием различных конструкции.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Головной шлюз-регулятор состоит из входной части, водоската (транзитная часть) и выходной части. Входная часть представляет двухочковую прямоугольную трубу высотой 2,0 м, шириной 2,1х2,0 м и длиной 5,4 м, оборудованной плоскими затворами (рис. 1). Водоскат прямоугольного переменного сечения с центральным углом расширения $2\alpha = 28^{\circ}$.



Рис. 1. Внешний вид сооружения со стороны верхнего бьефа

Длина водоската 7,2 м, уклон 0,07. Выходная часть с тем же углом роспуска длиной – 6,0 м, на которой установлен гаситель в виде разрезной водобойной стенки криволинейного очертания [2]. Участок от канала к входу на сооружение выполнен с переменным откосом с m = 2,0 до m = 0.

Расчетный расход для проектируемого шлюза регулятора составляет 40 $м^3/с$. Отводящий канал трапецеидального сечения. Основные показатели канала: ширина по дну 20,0 м, глубина 2,6 м, откос m = 2,0, шероховатость канала был принят для условий земляного заросшего травой n = 0,03 [3], уклон i = 0,00011.

ВЫБОР МАСШТАБА МОДЕЛИ

На основе практических опытов и рекомендаций научно-справочной литературы по гидравлическим расчетам известно, что чем крупнее масштаб модели, тем больше соответствие между гидравлическими событиями, протекающими в натурном объекте и на модели [4, 5]. Это условие особенно необходимо учитывать при работе на размываемых моделях.

В гидравлической лаборатории кафедры природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов Омского ГАУ была построена физическая модель и проведены исследования шлюза регулятора. Основой для создания модели явилась техническая документация водозаборного сооружения (план, разрез) в масштабе 1:100.

Исходя из размеров имеющейся площадки для моделирования, путем сопоставления с параметрами проектируемого сооружения, принято решение выполнить модель в масштабе 1:20. Размывающим материалом, имитирующим грунты, служил отработанный катализатор, представляющий собой мелкие шарики размером 3…4 мм с удельным весом (предварительно замоченным в воде) – 1,4 $кг/дм^3$.

Полученное значение числа Рейнольдса для модели составил в пределах 20000…50000, следовательно, модель работает в автомодельной области [6]. Определяющей силой движения потока является сила тяжести, следовательно, пересчет всех характеристик с модели на натуру и наоборот выполнен по закону гравитационного подобия, т.е. по числу Фруда [7].

Первая серия опытов

Для прояснения ситуаций с характером потока при выходе из шлюза-регулятора первая серия опытов была проведена на модели, выполненной в соответствии с проектной документацией, т.е. имеющимися в настоящее время размерами сооружения.

Первый опыт на модели проведен при пропуске расхода, равным 13 л/с (23,25 $м^3/с$) (здесь и дальнейшем, цифры без скобок будут соответствовать значениям, относящимся к модели, а в скобках – переведенные на натурные условия).

Проведенные опыты показали, что при прохождении потока воды через шлюз регулятор четко прослеживается увеличение энергии и до гасителя (разрезная водобойная стенка) поток находился в бурном состоянии, а на подходе непосредственно к гасителю возникает мощное гребенчатое фонтанирование воды (рис. 2) высотой 8 см (1,6 м) и длиной 20 см (4,0 м). Достигая разрезного носка, поток переходит в ряд ступенчатых фонтанов, которые являются источником возникновения сбойности течения. В дальнейшем сбойность потока усиливалась в результате воздействия откосов, что приводит к неравномерному распределению удельных расходов по ширине русла и вызывает образование застойных водоворотных зон которая далее распространяется на отводящий канал.



Рис. 2. Возникновение ступенчатых фонтанов у гасителей

За гасителем возникал гидравлический прыжок, который носил пульсирующий характер и непрерывно менял свое месторасположение. При увеличении расхода 18,75 л/с (33,55 $м^3$/с) гидравлический прыжок выходил за пределы укрепленного участка, усиливая размыв неукрепленной части канала. Неуспокоенность и раскачка потока привели к значительному оползанию и обрушению откосов канала. Выполненные исследования наглядно показали неизбежность появления участков размыва в неукрепленной части канала.

В результате проведенных опытов замечено, что при всех пропускаемых расходах, от малых до максимальных, наблюдаются явно неблагоприятное сопряжение сходящего сооружения с отводящим каналом, что приводит к возникновению водоворотной зоны на границе их сопряжения.

На основе первой серии опытов, выполненных на гидравлической модели, можно сделать следующий вывод: конструкция гасителя (разрезная стенка) не гарантирует отводящий канал от деформации и разрушения; чтобы ликвидировать сбойное течение необходимо изменить конструкцию гасителя. В связи с этим было принято решение на изменение конструкции гасителей и формы стенок выходной части. Предстояло выполнить несколько серий опытов, до достижения оптимальных видов и размеров гасителя и формы стенки выходной части. Таким образом последующие модели выполнялись на той же модели с теми же характеристиками потока, только с разными вариантами гасителя.

Вторая серия опытов

Следующая серия опытов проводились при измененной форме гасителя, вместо разрезной стенки была установлена одна сплошная стенка в виде одиночного зигзага с углом равным углу расширения $\alpha = 14^{\circ}$, направленным вниз по течению.

Выполненные исследования показали положительные изменения в расположении участков с наибольшим завихрением потока, которые были оттянуты к закрепленной части шлюза регулятора. Однако в незакрепленной части канала все равно наблюдались участки с размывом. В связи с этим, следующая серия опытов выполнялись в плане усиления гашения энергии стенками.

Для улучшения условий гашения энергии потока вместо одной сплошной стенки было установлено две в виде одиночного зигзага с углом, направленным вниз по течению. Все остальные характеристики выходной части шлюза регулятора остались без изменения. Результаты опытов показали, что перед первой стенкой образуется совершенный гидравлический прыжок. Второй гидравлический прыжок возникает на укрепленной части сооружения и имеет неустойчивый, пульсирующий характер, непрерывно меняя свое

месторасположение. На боковых поверхностях откоса возникают водоворотные зоны, что четко прослеживалось по изменениям направлений нитей, закрепленных на боковых поверхностях. С образованием ямы размыва усилилась раскачка и неустойчивость нижнего бьефа, которая способствовала оползанию и разрушению откоса канала по длине. Использование двухрядной стенки позволило уменьшить яму размыва, но не окончательно. В связи с этим, опыты продолжились в направлении усиления эффекта гашения энергии путем добавления следующей стенки. Таким образом, конструкция гасителя, для последующих опытов, состояла из трех раздельных продольных стенок и трех последовательно расположенных водобойных стенок с центральным углом роспуска порядка 7^0.

Результаты опытов показали, что гидравлические прыжки перед водобойными стенками и на выходе из гасителе имели устойчивый характер и располагались нормально к осям потока. Следовательно, причины для сбойного течения отсутствовали. В канале наблюдался установившееся равномерное движение. Незначительный местный размыв не переходил в общий при любых значениях расчетных расходов, в местах сопряжения сооружения с каналом не наблюдались завихрения потока и находясь в устойчивом состоянии.

Для выполнения последующих опытов в конструкцию модели внесены существенные изменения с целью ее упрощения. Продольные стенки, располагающиеся параллельно потоку, были убраны и установлены три водобойные стенки перпендикулярно движению потока на разном между собой расстояниями 20, 30, 30 см (4,0, 6,0, 6,0 м), и разной, последовательно уменьшающей по течению, высотой. По результатам серии опытов были выбраны окончательные размеры высот водобойных стенок, которые составили соответственно 3,0, 3,0 и 1,5 см (0,6, 0,6, 3,0 м). На рис. 3 представлен общий вид работы модели при принятых значениях формы и размеров гасителей.

Гидравлические прыжки перед водобойными стенками и на выходе из гасителя имеют устойчивый, пульсирующий характер и расположены перпендикулярно к оси потока. Это означает, что причин и признаков для возникновения сбойного течения в выходной части сооружения нет, и в канале имеет место установившееся равномерное, спокойное течение, однако, при пропуске больших расходов наблюдается легкое волнение на поверхности воды. В местах сопряжения сходящего сооружения с отводящим каналом течение спокойное без водоворотных зон, что обеспечивает их устойчивость.



Рис. 3. Модель в работе

Таким образом, принятые меры позволили в пределах водобоя расширить поток в плане более чем в четыре раза, тем самым снизить удельные расходы. Малые удельные расходы и погашение избыточной энергии в пределах водобоя предопределили успокоенность потока и уменьшили яму местного размыва до незначительных размеров.

ВЫВОДЫ

1. Исследования физической модели шлюза регулятора в современном состоянии (по материалам проектных документаций) показали наличие сбойных течений на укрепленном участке (неполное гашение энергии), что вызывает местный размыв с образованием воронок размыва, уполаживание и обрушение откосов канала на значительном расстоянии.
2. В результате деформации откосов и дна отводящего канала в нем образуются поворотные участки, что усиливает неблагоприятные условия для устойчивости русла, образуя завихрения потока.
3. Испытание 17 типов гасителей энергии потока в различных вариантах оформления ограждения водоската показал:
    - разделение потока тремя продольными стенками, как при вертикальных, так и переменных откосах ограждения малоэффективна;
    - этот прием дает наилучший эффект гашения энергии и равномерного распределения потока при устройстве трех водобойных стенок разной высоты, причем при исключении деления потока продольными стенками эффект практически не снизился;
    - применение трех водобойных стенок при ограждении водоската и водобойной части в существующем исполнении сооружения также эффективно и может быть использовано.
4. Основным вариантом реконструкции сооружения рекомендуется оформление ограждения на водоскате вертикальными стенками с устройством трех водобойных стенок высотой соответственно по потоку 0,6; 0,6 и 0,3 м интервалом 4; 6 и 6 м

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаврильев П.П., Майдаров А.А.* Лиманное орошение лугов в Центральной Якутии. Новосибирск: Наука, 1976.
2. *Большаков В.А. и др*. Справочник по гидравлике. Киев: Вища школа, 1977.
3. *Слоев Л.Н.* Вопросы проектирования водозаборных узлов лиманного орошения в Центральной Якутии. М.: Якутск, 1968.
4. *Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В.* Моделирование гидрологических процессов. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2006.
5. *Чугаев Р.Р.* Гидравлика. Изд. 2. М.-Л.: Энергия, 1970.
6. *Коваленко В.В., Гайдукова Е.В.* Практикум по дисциплине Моделирование гидрологических процессов. Ч. I. Динамические модели. Уч пос. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2010.
7. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П.Г. Киселева. М.: Энергия, 1972.

УДК 504.064.4

РЕЦИКЛИНГ НАДСМОЛЬНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Толмачева Н.О., Липунов И.Н.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, Россия
bioshera@usfeu.ru

Ключевые слова: фенолсодержащие сточные воды, комбинированный способ обезвреживания, утилизация ценных компонентов, технологический модуль рециклинга надсмольных вод.

Разработан технологический модуль обезвреживания надсмольных вод производства фенолформальдегидных смол на основе межотраслевого рециклинга с использованием регенеративных и конверсионных технологий и совокупности процессов адсорбции, вторичной поликонденсации, ионного обмена.

RECYCLING PHENOL-FORMALDEHYDE RESIN PRODUCTION OVER-RESIN WATER

Tolmacheva N. O., Lipunov I. N.
Ural State Forestry University
bioshera@usfeu.ru

Key words: phenol-formaldehyde over-resin waters, combined method of disposal, recycling of valuable components, the process module of recycling water

Phenol-formaldehyde resin production over-resin waters disposal module designed based on inter-industry recycling using regenerative and conversion technologies, adsorption processes, polycondensation, ion exchange.

В литературе имеющиеся сведения по обезвреживанию высокотоксичных производственных фенолсодержащих сточных вод свидетельствуют о том, что для решения этой задачи используются, в основном, деструктивные методы, основным недостатком которых является потеря ценного химического сырья – фенола и формальдегида, содержащихся в значительном количестве в таких сточных водах [1]. Проблема обезвреживания сточных вод данной категории с утилизацией ценных компонентов продолжает оставаться актуальной задачей.

Основной целью данной работы является разработка технологии и технологического модуля глубокого обезвреживания надсмольных вод производства фенолформальдегидных смол с утилизацией фенола и формальдегида на основе принципов межотраслевого рециклинг, способного обеспечить высокую степень замкнутости технологического процесса и предотвратить сброс таких сточных вод в природные водные экологические системы. В работе использованы надсмольные воды производства фенолформальдегидной смолы с содержанием свободного фенола и формальдегида 12,4 и 1,93 мас. % соответственно, применяемой в электротехнической промышленности для производства намотанных и листовых прессовочных электроизоляционных материалов.

Проведен комплекс исследований, включающих изучение процессов извлечения фенола из надсмольных вод и его утилизации методами адсорбции, ионного обмена и вторичной поликонденсации в древесно-полимерный термопластичный композит (ДПТК) с использованием очищенных вод в оборотном водоснабжении основного производства.

Основное количество фенола извлекается на стадии адсорбции (91–93 мас. %), на которой в качестве сорбента–наполнителя использованы химически модифицированные мягкие отходы механической переработки древесного сырья дисперсностью 0,5–5,0 мм. Впервые определены значения сорбционных характеристик (СОЕ) древесного сорбента, изучены статика и кинетика, получены изотермы сорбции фенола из водных растворов в интервале температур 20–60 ^{0}C.

Максимальная величина СОЕ составляет 240,3 мг/г при температуре 60 ^{0}C. Изотерма сорбции фенола из водных растворов удовлетворительно описывается моделью Лэнгмюра, что свидетельствует о высоком сорбционном сродстве сорбента к фенолу и мономолекулярном механизме процесса, энергетической эквивалентности всех центров адсорбции и отсутствия взаимного влияния молекул фенола на поверхности адсорбента.

Рассчитанные кинетические характеристики свидетельствуют о том, что константа скорости процесса адсорбции возрастает с увеличением температуры и при 60 ^{0}C ее значение ($1{,}19\cdot10^{-3}$ $с^{-1}$) в два раза превышает аналогичную характеристику при 20 ^{0}C. Величина энергии активации адсорбции фенола (14,3 кДж/моль) указывает на протекание процесса в смешанно-диффузионной области, причем лимитирующей стадией является процесс внешнедиффузионной адсорбции фенола за счет сил Ван-дер-Ваальса, о чем свидетельствует значение коэффициента диффузии фенола ($0{,}94\cdot10^{-6}$ $см^2/с$), характерное для процессов сорбционного извлечения органических молекул [2]. Установлено оптимальное время процесса адсорбции, которое составляет 15 мин.

Техническим результатом стадии адсорбции является получение древесно-фенольного олигомера (ДФО), в котором на развитой поверхности древесного адсорбента иммобилизованы химически активные молекулы фенола и, обладая смолообразующими свойствами, способные участвовать в реакции поликонденсации с формальдегидом надсмольной воды и дополнительно вводимого в реакционную систему в виде раствора формалина в присутствии щелочного катализатора.

ДФО, обладающий высокой реакционной способностью, использован на стадии вторичной поликонденсации обезвреживания надсмольных вод в качестве техногенного сырья для получения древесно-полимерного термопластичного композиционного материала конструкционного назначения (ДПКМ). Изучено влияние основных факторов (массовое соотношение Ж:Т. мольное соотношение CH_2O:C_6H_5OH, объем щелочного катализатора, температура, время, содержание смолообразующих компонентов в надсмольной воде, количество вводимого модификатора – отхода производства и переработки слоистых пластиков, режим сушка полученного продукта поликонденсации) на процесс вторичной поликонденсации, обеспечивающий получение высококачественного ДПТК и установлены их оптимальные значения.

При оптимальных массовом соотношении Ж:Т (гидромодуль) равном 3, мольном соотношении CH_2O:C_6H_5OH = 1,9, температурном интервале процесса 80–60 ^{0}C, количестве модификатора 20 мас. % от общей массы твердофазного наполнителя, суммарном времени процесса поликонденсации 60 мин, количестве смолообразующих компонентов в надсмольной воде более 10 мас. %, сушка продукта поликонденсации при глубоком вакууме и температуре 60 ^{0}C суммарная конверсия фенола составляет 99,3 мас . %, а получаемый продукт (ДПТК) по эксплуатационным свойствам не уступает массам древесным прессовочным марки МДПО-В [3]. Остаточная концентрация фенола в конденсатных вода, образующихся на стадии сушки продукта поликонденсации, составляет 220–550 мг/л, а формирующийся объем 0,7 $м^3$ на 1 $м^3$ надсмольной воды. Конденсатные воды подвергались доочистки сорбцией на ионообменных смолах до остаточной концентрации фенола $2\cdot10^{-2} \div 6\cdot10^{-2}$ мг/л и конверсией извлеченного фенола в фенолят натрия. Нами исследована большая группа синтетических ионообменных материалов, включая катиониты, аниониты и амфотерные иониты.

Результаты исследований показали, что наибольшим сорбционным сродством к фенолу обладают поликонденсационный катионит КУ-36, синтезированный на основе

сульфированного сырого антрацена и формальдегида и низкоосновный анионит АН-251, основой которого является 2,5-метилвинилпиридин и дивинилбензол. На данных ионитах изучена статика и динамика сорбции фенола из модельных водных растворов и конденсатных вод, содержащих свободного фенола 526 ÷ 550 мг/л. Изучено влияние температуры и pH водных растворов на степень сорбционного извлечения фенола. Установлено, что при оптимальном значении температуры (60 ^{0}C) и pH 8,0÷8,5 величина сорбируемости фенола из конденсатных вод составляет 54 и 60 мг/г соответственно для КУ-36 и АН-251. Изотерма сорбции фенола анионитом АН-251 носит прямолинейный, а катионитом КУ-36 – ярко выраженный S-образный характер. Выпуклый характер начального участка изотермы сорбции катионитом КУ-36 говорит о высоком сорбционном сродстве данного катионита к фенолу и мономолекулярном механизме процесса сорбции с участием сил физической природы. Рассчитаны кинетические характеристики процесса сорбции фенола для данных ионитов: константы скорости, энергии активации и коэффициенты диффузии.

Рассчитаны динамические характеристики сорбции фенола ДОЕ, ПДОЕ, время защитного действия слоя ионита. При прочих равных условиях (скорость пропускания раствора, отношение диаметра к высоте слоя ионита) динамические характеристики процессов сорбции и десорбции значительно выше у КУ-36. Величина ПДОЕ катионита (82 мг/г) и время защитного действия фильтра (31,2 мин) в 2,5 и 7 раз соответственно выше, чем у анионита, а степень регенерации катионита составляет 100 %.На основании совокупности экспериментальных данных на стадии доочистки конденсатных вод от фенола предложено использовать катионит КУ-36. Регенерация отработанного катионита раствором NaOH позволяет провести конверсию фенола конденсатных вод в фенолят натрия и использовать его в технологии основного производства.

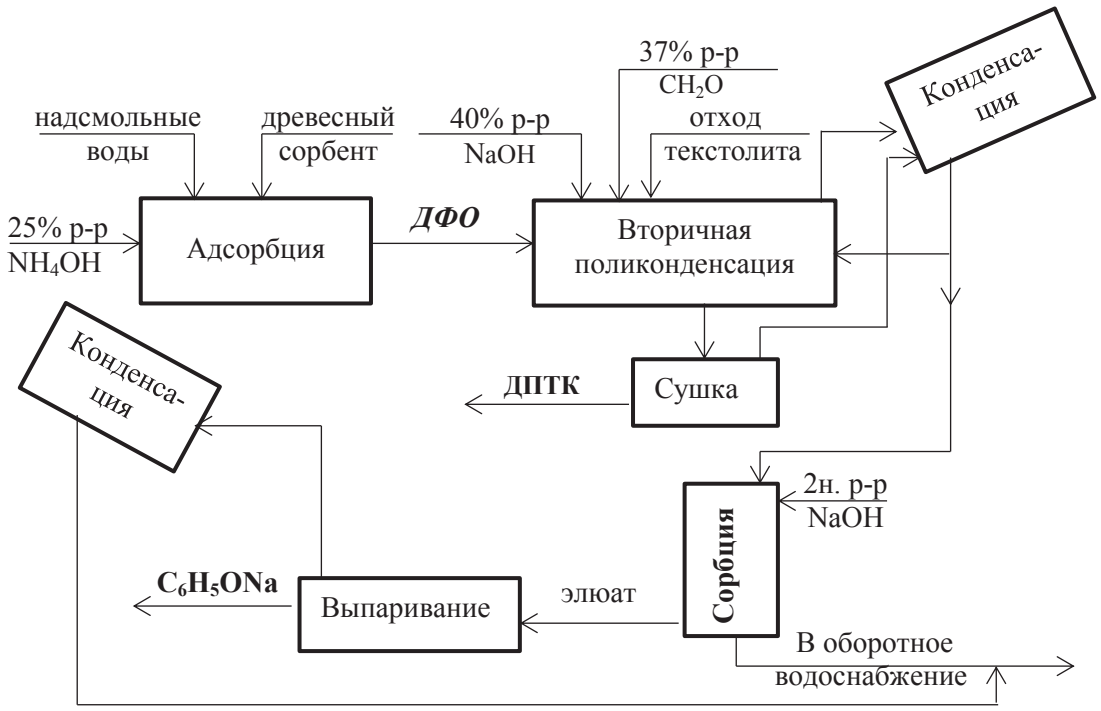


Рис. Принципиальная схема технологического модуля рециклинга надсмольных вод

Принципиальная схема технологического модуля рециклинга надсмольных вод показана на рисунке. Все стадии технологического процесса обезвреживания и конверсии фенола в ДПТК (адсорбция, вторичная поликонденсация, сушка) осуществляются в одном технологическом аппарате, позволяющем получать композит высокой степени гомогенизации, конструкция которого разработана одним из авторов данного сообщения. Технологический модуль имеет высокую степень замкнутости технологического цикла и является незначительным источником техногенного воздействия на окружающую среду. По формированию сточных вод его можно квалифицировать как бессточное, поскольку образующиеся условно чистые воды используются в водооборотном цикле основного производства для приготовления технологических растворов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Липунов И.Н.* Переработка надсмольных вод на предприятиях Уральского региона / И.Н. Липунов, М.В. Чарина, М.Д. Бабина. Свердловск: ВСНТО, 1988. 72 с.
2. *Никифоров А.Ф.* Теоретические основы сорбционных процессов очистки воды /А.Ф. Никифоров, А.С. Кутергин, А.В. Воронина. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2014. 100 с.
3. Массы древесные прессовочные. Технические условия. ГОСТ 11368-79. Госкомитет СССР по стандартам. М.: 1979. 22 с.

УДК 556.535.2: 502.58

УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ КАК ОСНОВНАЯ МЕРА ПО УМЕНЬШЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ НАВОДНЕНИЯ

Тусупбеков Ж.А., Ряполова Н.Л., Шарапов А.А., Шарко Е.А.
ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»,
г. Омск, Россия
gggkiovr@mail.ru

Ключевые слова: Затопление, зоны затопления, причины затопления, обеспеченные максимальные уровни воды.

К наиболее опасным видам водных стихий является затопление территорий со всеми вытекающими последствиями. Опасность данной водной проблемы в несколько раз усиливается в условиях равнинного характера рельефа, а также при наличии зданий и сооружений в зоне затопления. Разрешением противоречий между необходимостью освоения прибрежных земель и неизбежными убытками от наводнений человек занимается уже в течение многолетнего периода. В настоящей статье рассматривается попытка решения подобных водных проблем путем установления границ зон затопления г. Тара Омской области. Описываются причины затопления некоторых районов и предлагаются мероприятия по решению данной проблемы.

DELINEATION OF THE FLOODED ZONES AS A MAIN MEASURE FOR MITIGATION OF GLOODS' NEGATIVE CONSEQUENCES

Tusupbekov Zh.A., Ryapolova N.L., Sharapov A.A., Sharko E.A.
P. A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

Key words: flooding, flooding zones, causes of flooding, provided maximum water levels.

The most dangerous types of water elements are flooding of territories with all the ensuing consequences. The danger of this water problem is several times increased in the conditions of flat terrain, as well as in the presence of buildings and structures in the flood zone. The conflict between the need to develop coastal land and the inevitable losses from floods has been resolved for many years. This article discusses an attempt to solve such water problems by establishing the boundaries of the flood zones of Tara, Omsk region. It describes the causes of flooding in some areas and proposes measures to address this problem.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное таяние снега в период весеннего половодья нередко сопровождается выходом рек из берегов с последующим затоплением прибрежных территорий. По характеру взаимодействия с окружающей средой, используемой человеком в повседневной деятельности, затопление относится к негативному виду воздействия вод [1]. Процесс затопления наблюдается при условии превышения расхода воды в водотоке над ее пропускной способностью. В свою очередь площадь территории, попадающей под затопление (зона затопления) прямо пропорциональна количеству воды, проходящей через русло водотока. Кроме расхода рек, величина зоны затопления зависит от рельефа местности, поэтому наибольший вред от затопления наблюдается на равнинной местности, типичным примером может служить территория Западно-Сибирской низменности.

В тектоническом отношении территория Западной Сибири располагается на верхнепалеозойской плите, последующие отложения осадочных пород образовали относительно равнинную поверхность слегка наклоненной в северном направлении [2].

Равнинный характер рельефа местности с незначительными перепадами высот обуславливает быстрое распространение воды по поверхности территорий и приводит к увеличению площади попадающих под затопление в периоды весеннего снеготаяния. В связи с этим, проблемы затопления не теряет актуальности со времен освоения этих территорий.

В данной статье рассматривается вопрос определения границ зон затопления [3] города Тара Омской области, который располагается на южной части Западно-Сибирской низменности. В зависимости от природно-климатических особенностей [4] реки данной территории имеют снеговой тип питания с характерным весенним половодьем. Наибольшие расходы на реках наблюдаются в конце мая и в начале июня с закономерным отставанием с юга на север. Материалы для выполнения поставленной задачи были поучены на основе полевых инженерно-гидрологических и гидрометеорологических изысканий авторов в период прохождения производственной практики в ЗАО «НПФ «ГЕО», а также использованы материалы аэрофотосъемок данной компании.

СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

По данным проведенных исследований, изучения архивных материалов и опроса местного населения было выявлено, что основными источниками затопления г. Тара являются как естественные водотоки, так и поверхностный сток, который формируется на площади водосбора за пределами населенного пункта. Наиболее крупным водотоком является трансграничная р. Иртыш [5], на левом берегу которого и расположен город. Вторым по значению естественным водотоком, влияющим на режим затопления территории города, является р. Аркарка, левый приток р. Иртыш.

Определенное влияние на режим затопления северной окраины города оказывает безымянный ручей, впадающий в р. Иртыш. Стоит отметить, что рельеф г. Тара включает в себя так же болота и практически бессточные впадины. В настоящее время режим естественных водотоков, кроме р. Иртыш, был искусственно изменен в результате техногенного вмешательства, кроме того, и состояние ливнесборной сети г. Тара во многих местах, по различным причинам, не выполняет своих функций. Результатом подобной несистемной деятельности стало периодическое, а в отдельных местах и практически постоянное затопление территорий города.

Для определения зон, затапливаемых водами р. Иртыш, были выполнены расчеты максимальных уровней по установленным нормам, изложенной в нормативно-технической литературе [6], с использованием данных многолетних наблюдений за уровнями воды гидрологического поста ФГБУ «Обь – Иртышское УГМС» – р. Иртыш – г. Тара [7, 8, 9, 10]. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2014 г. № 360 [11], зоны затопления определяются в отношении территорий, прилегающих к незарегулированным водотокам, затапливаемые при максимальных уровнях 1, 3, 5, 10, 25, 50 - процентной обеспеченности. Расчетные уровни р. Иртыш в створе г. Тары предоставлены в таблице 1.

Табл. 1. Обеспеченные максимальные уровни воды (экстремальные значения гидрологических характеристик) по данным наблюдений поста Обь-Иртышского УГМС р. Иртыш – г. Тара

Река Иртыш - г.Тара	Уровни воды м БС 77	Высший годовой уровень воды, м БС 77					
		1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %
		63,03	62,61	62,33	61,95	61,32	60,61

Данные уровни нанесены в виде горизонталей на заранее подготовленную топографическую основу. Полученные горизонтали соответствовали границам зон

затопления, а сами зоны определены способом выделения территории расположенных внутри выделенных границ. На рис. 1 представлена граница зоны затопления и площади попадающие под затопление при прохождении расхода расчетной 1 % обеспеченности.

Таким образом, исходя из полученной информации видно, что все улицы со всеми зданиями, сооружениями, дорогами и т.д. попадающие на территорию отмеченной зоны (на рисунке 1 выделено штриховкой) подвергаться затоплению. К примеру, улицы Нерпинская, Чернышевского и Андрея Елецкого расположенные на возвышенных отметках левого берега Иртыша ее водами не затапливается. Но строения, между ул. Елецкого и берегом р. Иртыш, в зависимости от отметок рельефа, в определенной степени подвергаются затоплению. Также в зону затопления попадает переулок Комсомольский и ул. Гоголя. По наблюдениям местных жителей затопление на этих улицах наблюдается в течении последних 5 лет, уровень воды на данных улицах был настолько высок, что жители к домам добирались на лодках. В 2018 г. такой уровень стоял около месяца.

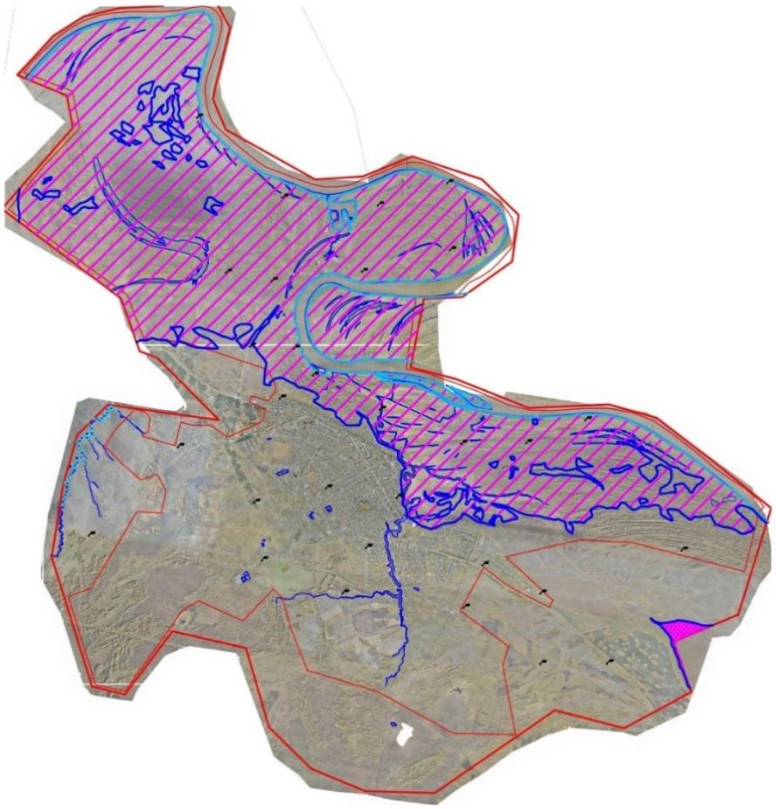


Рис.1. Границы зоны затопления 1 % обеспеченности г. Тара

Следующим естественным водным объектом, приводящим к затоплению территории города, является р. Аркарка, режим которой существенно изменен в результате антропогенного влияния. На реке в пределах города оборудованы 4 земляных плотины. В 5,9 км от истока река перегорожена плотиной, оборудованной сифонным водосбросом. На данном участке русло реки врезано высоко и при всех обстоятельствах строения не будут затапливаться.

Еще одна плотина расположена на 8,5 км от истока. Данная плотина оборудована трубчатым водосбросом из 2х стальных труб, диаметром 1400 мм, на нижней трубе установлен порог и с уголками для установки затвора. В период обследования щита затвора не было. Практически на уровне плотины, ниже нее по течению, расположены несколько домов по ул. Зааркарная на высоком правом берегу реки, эти участки также не попадают в зону затопления. Судя по полученной карте отдельные жилые строения и хозяйственные

участки расположенные по левобережной части попадают в зону затопления и ежегодно подвергаются затоплению.

На 9,5 км от истока, в районе автодрома ДОСААФ, построена глухая грунтовая плотина. По верху плотины – автодорога на автодром. Согласно данным опроса, плотина была построена в 1976 г., позднее – досыпана до современной высоты. Автодром существуют 5 лет. В обход территории автодрома для пропуска воды р. Аркарка сооружен обводной канал, который заметно уже естественного русла реки, из-за чего происходит подпор и в следствии затопление автодрома и участки ул. Береговая. Данную проблему можно решить путем расширения обводного канала, чтобы площадь живого сечения была не меньше 40–60 $м^2$ или заменить глухую плотину мостом.

На расстоянии 11 км от истока река перегорожена «глухой» плотиной, сооруженной в 2014 г. Выше плотины, вправо уходит отводной канал, который отводит сток р. Аркарка в реке Иртыш. Пропускная способность отводного канала явно недостаточная, о чем свидетельствуют следы интенсивного размыва берегов. По словам местных жителей, именно эта плотина виновата в затоплении территорий. Данную плотину необходимо, либо ликвидировать, либо организовать трубчатый переезд с пропускной способностью порядка 21,3 $м^3/с$.

Таким образом, исходя из анализа полученных границ зон затопления негативное влияние р. Аркарка распространяется на улицы Гоголя, Нерпинская, Казанская, Пушкина, Интернациональная, Береговая, Тарская, район ДОСААФА, Зааркаркная, Омская, Фрунзе что подтверждается результатами опроса местного населения.

ВЫВОДЫ

На основании выполненных исследований следует отметить, что для уменьшения негативных последствий затопления, в первую очередь, необходимо иметь достоверную информацию об участках попадающих под затопление при прохождений паводков различной обеспеченности и строго соблюдать правила их использования. Ограничение строительства любых сооружений не выполняющих функции защиты от вредных воздействий вод на территориях подверженных затоплению позволить сэкономить значительные финансовые средства. Во вторых, необходимо проводит мероприятия по улучшению пропускной способности русел рек и временных водотоков с целью уменьшения выхода воды из берегов. В третьих, необходимо срочно запланировать мероприятия по ремонту сооружений отводящих поверхностный сток с городской территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. N-74-ФЗ (ред. 27.12.2018). 57 с.
2. Экологический паспорт Омской области. Министерство природных ресурсов и экологии Омской области. Омск 2016. Режим доступа URL: http://omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/pravaya-kolonka/ecopasport (дата обращения: 20.04.2019).
3. *Тошболтаев Н.Н., Жарылкаганова А.Г., Тусупбеков Ж.А.* Мероприятия по предупреждению катастрофических последствий затопления населенных пунктов. Гоесистемный подход к изучению природной среды республики Казахстан. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Т.II. ЕНУ им. Л.Н.Гумилева. Астана, 2018. С. 58–62.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 17. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1998. 703 с.
5. *Шантина И.В., Тусупбеков Ж.А.* Управление трансграничным водным объектом р. Иртыш на бассейновом уровне // Водные ресурсы России: Современное

состояние и управление: сб. мат-лов Всероссийской научно-практической конференции. г. Сочи, 8–14 октября 2018 г. Т. I. Новочеркасск, 2018. С. 155–162.
6. СП 33-101-2003. Свод правил по определение основных расчетных гидрологических характеристик. Госстрой России, М., 2004. 70 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып.3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. С. 423.
8. Основные гидрологические характеристики. Т.15. Алтай и Западная Сибирь Выпуск 3 Нижний Иртыш и Нижняя Обь. М.: Гидрометеоиздат, 1965. 164 с.
9. Основные гидрологические характеристики (за 1963–1970 гг. и весь период наблюдений). Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 260 с.
10. Основные гидрологические характеристики (за 1971–1975 гг. и весь период наблюдений). Т. 15. Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 248 с.
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2014 г. № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления»;

УДК 556.522

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В БАССЕЙНЕ Р. АМУР НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Шаликовский Д.А.
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия
vostokniivh@mail.ru

Ключевые слова: структурная гидрология, норма годового стока, порядок рек, бассейн Верхнего Амур, максимальный сток, минимальный сток

В работе выполнен анализ пространственного распределения стоковых характеристик рек Верхнего Амура в пределах территории Забайкальского края. Установлена высокая корреляция среднегодового стока рек от их порядка, однако для малых рек выявлены различия, которые позволили районировать исследуемый бассейн. Выполнено районирование, в ходе которого весь бассейн был разбит на 5 участков. Установлена достаточно высокая корреляция максимальных и минимальных расходов от порядка реки.

RESEARCH OF THE RULES OF FORMATION OF THE FLOW IN THE BASIN OF AMUR RIVER ON THE TRANSBAIKAL STATE

Shalikovskiy D.A.
Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Eastern Branch, Chita, Russia
vostokniivh@mail.ru

Key words: structural hydrology, norm of annual runoff, order of rivers, Upper Amur basin, maximum water flow, minimum water flow.

The analysis of river runoff characteristics of the Upper Amur rivers on the territory of the Transbaikalian Territory is performed. Using the difference integral curve, it is established that the optimal averaging period is the interval from 1963 to 2016. A high correlation was established between the average annual flow of rivers and their order, however, for small rivers differences were revealed that made it possible to zonote the investigated basin. In result of zoning the basin was divided on 5 pieces. Also was established high correlation between maximum and minimum flow from the river's order.

Подавляющее большинство рек являются неизученными. Поэтому при определении их гидрологических характеристик используются методы, основанные на районировании их бассейнов. Зависимости, установленные на основании обобщения результатов гидрометрических наблюдений, в большинстве случаев отражают подобие только средних рек с примерно одинаковыми условиями формирования стока. Это не позволяет адекватно оценить влияние азональных факторов, влияющих на сток малых рек. Более сложные условия наблюдаются в горных районах, где для расчета стока необходимо вводить поправки на высоту местности, которые разработаны только для некоторых районов. Кроме этого, карты характеристик стока рек не обновлялись почти 40 лет. Поэтому, разработка альтернативных методов расчета стока неизученных рек и составление соответствующих карт является актуальной задачей.

В рамках структурной гидрологии установлено, что речные системы являются подобными при равенстве порядков исследуемой реки и реки-аналога. При этом наибольшее распространение получил подход Р. Хортона, который предложил определять порядок рек в

зависимости от числа притоков первого порядка (не имеющих собственных притоков). В модификации А. Шейдеггера порядок реки в конкретном створе находится по зависимости:

$$N_{\text{ш}} = 1 + \log_2 P,$$

где P – количество рек первого порядка в речном бассейне выше створа определения $N_{\text{ш}}$ (при этом в качестве рек первого порядка удобно использовать водотоки с длиной менее 10 км) [1, 2, 3].

Работа направлена на установление зависимостей нормы стока от порядка рек с применением следующих статистических методов:

а) анализа временных рядов, использованного для обоснования периода осреднения;

б) регрессионного и корреляционного анализов для удлинения гидрологических рядов и установления зависимостей стока от порядка рек.

Для установления периода вычисления нормы стока использован метод разностной интегральной кривой, построенной для поста р. Шилка – г. Сретенск (рис. 1), принятого в качестве замыкающего створа. Из графика следует, что наиболее подходящим периодом является отрезок с 1942 по 2016 гг., однако для дальнейших исследований использован другой период – с 1963 по 2016 гг. Это сделано из условия недостаточного числа водомерных постов в 40-ые годы XX в.

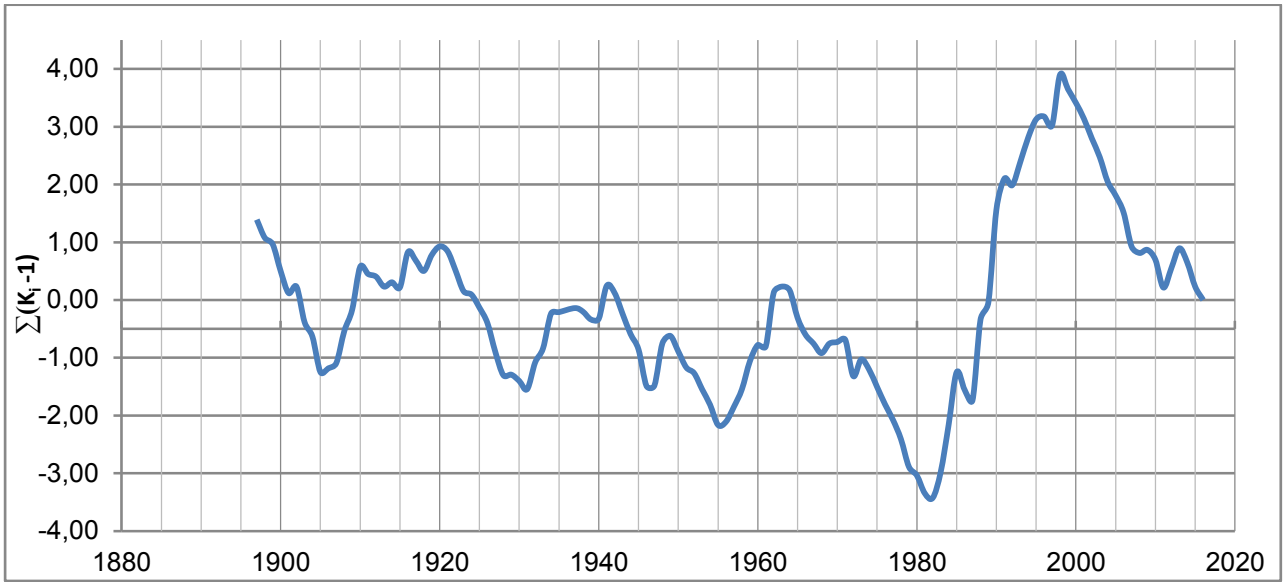
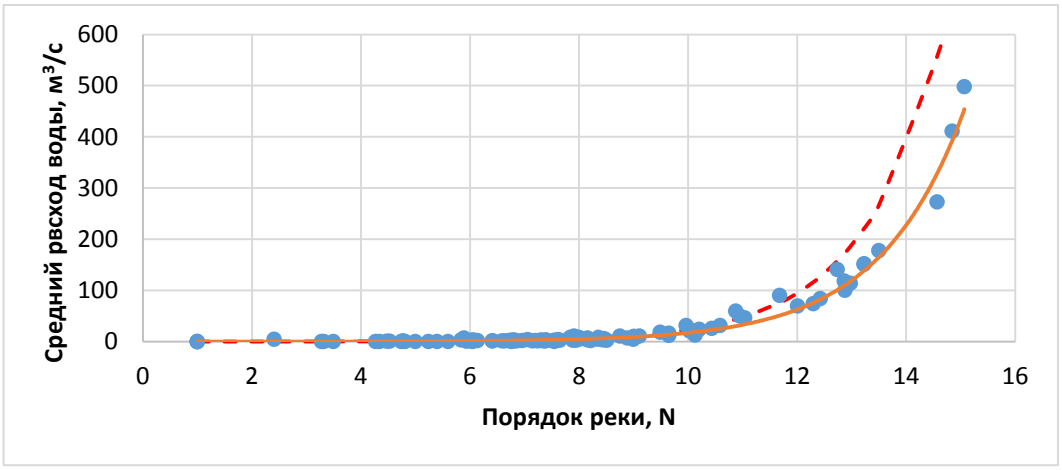


Рис. 1. Разностная интегральная кривая модульных коэффициентов р. Шилка (г. Сретенск)

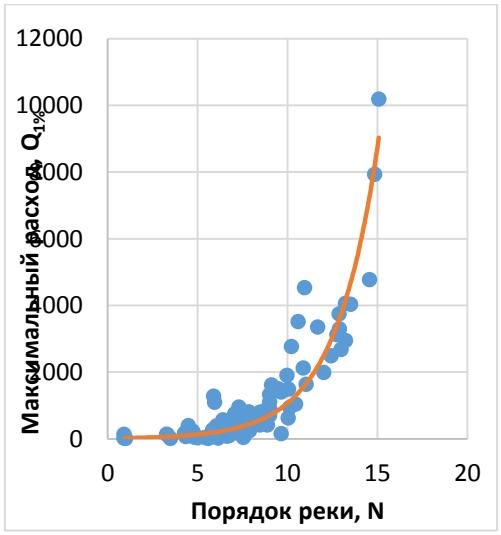
В результате обработки всей совокупности данных получены следующие зависимости:

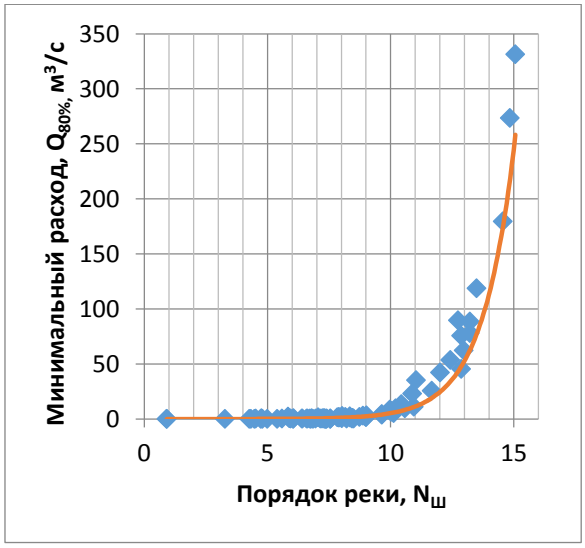
$$Q_{\text{ср}} = 0{,}027e^{0{,}643N_{\text{ш}}} \text{ (r=0,94)}$$
$$Q_{1\%} = 16{,}15e^{0{,}419N_{\text{ш}}} \text{ (r=0,84)}$$
$$Q_{80\%} = 0{,}002e^{0{,}419N_{\text{ш}}} \text{ (r=0,93)}$$

Графики этих зависимостей представлены на рис. 2.



(а)





(б) (в)

Рис. 2. Зависимости основных гидрологических характеристик от порядка реки: а – нормы стока (пунктирная линия – зависимость для всего бассейна р. Амур [1]), б – максимального расхода 1%-ой обеспеченности, в – минимального расхода 80%-ой обеспеченности.

Коэффициент корреляции полученных зависимостей составляет от 0,84 до 0,94, но если рассмотреть только малые реки, то его значение падает до пределов от 0,59 до 0,85.

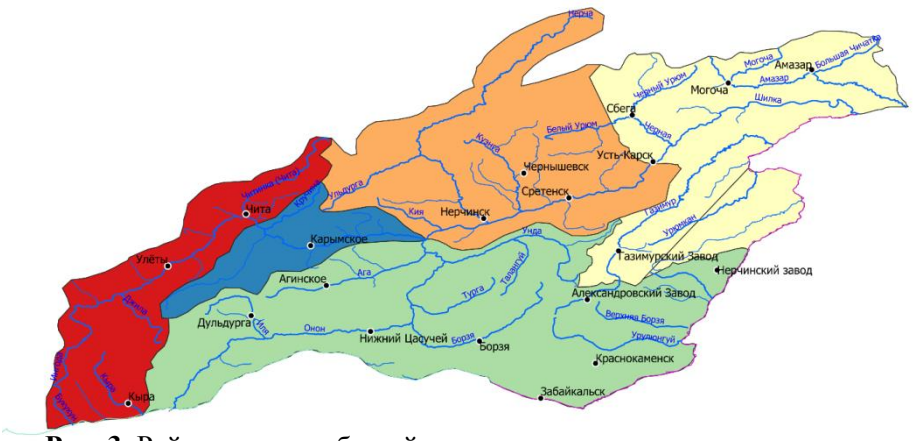


Рис. 3. Районирование бассейна по условиям применения полученных зависимостей

Дальнейший анализ показал возможность районирования бассейна на ряд участков, что позволило получить расчетные зависимости для каждого из них с заметным увеличением коэффициент корреляции. Схема районирования представлена на рис. 3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеевский Н.И., Косицкий А.Г., Носань В.В., Христофоров А.В.* Подобие рек и их систем // Водные ресурсы. 2013. № 6. С. 531–544.
2. *Хортон Р.* Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов // М.: Иностранная лит., 1948. 158 с.
3. *Scheidegger A.E.* Theoretical Geomorphology // N.Y.: Springer, 1961. 333 p.

УДК 502.132:581.192

ОЦЕНКА ФИТОРЕМЕДИАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА *PHRAGMITES AUSTRALIS* И *TYPHA LATIFOLIA* В ЗОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА

Ширяев Г.И., Малева М.Г., Борисова Г.Г.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет
им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
schiriaev.grisha@yandex.ru

Ключевые слова: гелофиты, тяжелые металлы, аккумуляция, фиторемедиация, биомаркеры.

Впервые для данной территории проведены комплексные исследования по оценке аккумулятивного потенциала Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. и Typha latifolia L. и их ответных адаптивных реакций в условиях длительного экстремального загрязнения тяжелыми металлами и низких значений pH. Предложены мероприятия, направленные на улучшение экологического состояния исследованных водотоков. Выполнена оценка возможности использования выбранных физиолого-биохимических параметров в качестве биомаркеров загрязнения поверхностных вод и седиментов металлами.

ESTIMATION OF PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF P*HRAGMITES AUSTRALIS* AND *TYPHA LATIFOLIA* IN THE ACTIVITY AREA OF COPPER SMELTER

Shiryaev G.I., Maleva M.G., Borisova G.G.
Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
schiriaev.grisha@yandex.ru

Keywords: helophytes, heavy metals, accumulation, phytoremediation, biomarkers.

For the first time, complex studies were carried out for this territory to assess the accumulative potential of Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. and Typha latifolia L. and their adaptive responses in the conditions of prolonged extreme contamination with heavy metals and low pH values. Measures aimed at improving the ecological status of the studied water bodies were proposed. An assessment of the possibility of using selected physiological and biochemical parameters as biomarkers of surface waters and sediments pollution with metals was made.

Исследования проводили в окрестностях г. Карабаша (Челябинская область), который находится под воздействием выбросов медеплавильного комбината АО «Карабашмедь». Данное предприятие является источником загрязнения атмосферы, воды и почвы за счет как аэротехногенных выбросов, так и шахтных вод с низким значением pH, ливневых стоков с промплощадок и шламонакопителей [1, 2]. Значительная часть поллютантов, включая тяжелые металлы (ТМ), поступает в водотоки (р. Сак-Элга, ручьи Рыжий и Ольховка), а в дальнейшем, с их поверхностными водами, попадает в Аргазинское водохранилище. Это вызывает необходимость повышения эффективности мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения и улучшение экологического состояния водных экосистем.

Цель исследования – выявление фиторемедиационного потенциала гелофитов *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (тростник обыкновенный) и *Typha latifolia* L. (рогоз широколистный) в условиях экстремального техногенного воздействия и оценка возможности использования ряда физиолого-биохимических характеристик как биомаркеров загрязнения водных экосистем.

Несмотря на большое количество данных об аккумулятивном потенциале *P. australis* и *T. latifolia* [3–6], до сих пор недостаточно информации об их способности накапливать ТМ в условиях длительной и высокой токсической нагрузки. Слабо исследованы адаптивные реакции прибрежно-водных растений на действие ТМ *in situ*, в том числе антиоксидантные. Все это препятствует широкому использованию гелофитов в целях восстановления техногенно

нарушенных водных объектов и требует более обстоятельного изучения их ответных приспособительных реакций на действие ТМ и других поллютантов.

Пробы поверхностных вод, седименты и растительный материал отбирали в районе г. Карабаша в июле 2016–2018 г. на пяти участках (уч.): уч. 1 (оз. Иртяш; 55 км от КМК), уч. 2 (р. Ольховка; 5 км от КМК), уч. 3 (р. Сак-Элга; 2,6 км от КМК), уч. 4 (р. Сак-Элга; 5,6 км от КМК, ниже впадения р. Рыжего), уч. 5 (р. Рыжий; 1,6 км от КМК). Следует отметить, что *P. australis* встречался на всех участках, а *T. latifolia* – только на четырех.

Определение количества ТМ в воде, седиментах, корнях и листьях гелофитов проводили при помощи атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Величину pH воды определяли с использованием pH-метра. Исследование физиолого-биохимических параметров растений выполняли спектрофотометрически. Содержание фотосинтетических пигментов определяли после экстракции в 80 % ацетоне и рассчитывали по Лихтентайлеру [7]. Содержание пролина определяли по модифицированной методике Бэйтса, растворимых тиолов – с использованием реактива Элмана, растворимого белка – по Бредфорд [8]. Интенсивность перекисного окисления липидов оценивали по количеству малонового диальдегида (МДА) [8]. Содержание фенольных соединений определяли с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [9].

В качестве показателя загрязнения воды и седиментов был использован суммарный индекс токсической нагрузки (*Si*) который рассчитывали по формуле [10]: $Si = (1/n)\sum_{i=1}^{n}(\frac{Ci}{Cфон})$, где *Ci* – концентрация металла в воде/седиментах загрязненного участка, *Сфон* – концентрация металла в воде/седиментах наименее загрязненного участка, n – число исследованных металлов.

Величина токсической нагрузки по металлам закономерно возрастала от уч. 1 к уч. 5 (как по воде, так и седиментам). Это сопровождалось снижением величины pH, которая в последних участках была экстремально низкой (таблица). В большинстве случаев содержание ТМ значительно превышало ПДК. Полученные данные позволяют говорить о беспрецедентном уровне загрязнения исследованных водных объектов, в особенности, ручья Рыжего и р. Сак-Элги (ниже впадения этого ручья).

Табл. Величина токсической нагрузки по ТМ и величина pH

Точка отбора проб	Условное обозначение	*Si* вода	*Si* седименты	pH
Участок 1	«условно чистый»	1	1	6,9 ± 0,1
Участок 2	«загрязненный»	61	13	4,9 ± 0,3
Участок 3	«грязный»	127	26	5,2 ± 0,2
Участок 4	«очень грязный»	230	32	4,5 ± 0,2
Участок 5	«чрезвычайно грязный»	706	34	3,3 ± 0,2

Оба вида гелофитов показали высокий аккумулятивный потенциал в условиях длительного экстремального загрязнения и низких значений pH. Для рогоза было свойственно более интенсивное накопление большинства ТМ, в особенности, Zn, Mn, Cd и Fe. Тростник накапливал больше Pb и Cu. Содержание ТМ в листьях и корнях исследуемых гелофитов напрямую коррелировало с их содержанием в воде и седиментах.

Как известно, гелофиты с хорошо развитой корневой системой аккумулируют металлы преимущественно в корнях, что свидетельствует о наличии барьерных механизмов, ограничивающих их миграцию в надземную массу [4, 6]. Это подтверждается результатами нашего исследования: коэффициенты транслокации металлов из корней в надземные органы по всем металлам, за исключением Mn, были ниже единицы.

Количество ТМ в корнях и листьях гелофитов в наиболее загрязненных местообитаниях было существенно выше по сравнению с данными других авторов, полученными для этих видов [4–6], что еще раз свидетельствует об экстремально высоком уровне загрязнения исследованной территории. Кроме того, сильное подкисление воды в импактных участках могло способствовать увеличению подвижности ионов и их накоплению в органах растений [6].

Выявлена зависимость между величиной ряда физиолого-биохимических параметров растений и степенью токсической нагрузки, а также значением pH поверхностных вод. Повышенный уровень МДА в листьях растений из загрязненных участков свидетельствует о хроническом окислительном стрессе, который вызывал активизацию синтеза ряда антиоксидантов. У рогоза величина всех изученных физиолого-биохимических параметров напрямую зависела от уровня загрязнения, в то время как у тростника по большинству показателей была выявлена более сложная зависимость (рис.).

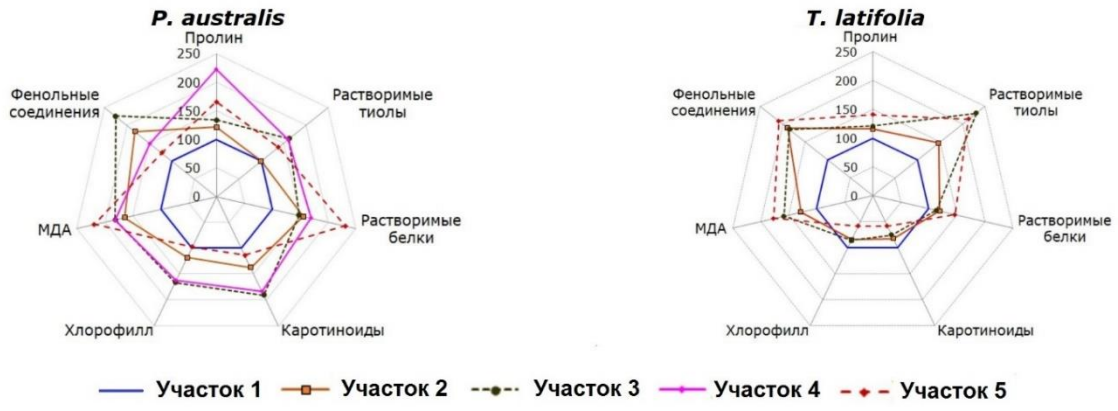


Рис. Физиолого-биохимические параметры растений *Phragmites australis* и *Typha latifolia* из водных объектов с разной токсической нагрузкой.

Таким образом, *P. australis* и *T. latifolia* продемонстрировали достаточно высокую устойчивость к длительному техногенному загрязнению и низким значениям pH. Значительный фиторемедиационный потенциал в отношении ТМ позволяет рекомендовать эти виды для ризофильтрации и фитостабилизации водных объектов, подвергающихся экстремальным техногенным нагрузкам. Для каждого исследованного участка предложены мероприятия, направленные на улучшение их экологического состояния, а для наиболее загрязненных из них – оптимальная схема «ветланда». Показано, что при оценке уровня загрязнения воды и седиментов металлами в качестве биомаркеров могут быть использованы некоторые физиолого-биохимические параметры растений, наиболее репрезентативными из которых являются: содержание продуктов перекисного окисления липидов (МДА), пролина и растворимых тиолов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тащий Ю.Г.* Эколого-химическая оценка загрязнения окружающей среды в зоне действия Карабашского медеплавильного комбината // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. С. 90–96.
2. *Yurkevich N.V., Saeva O.P., Karin Y.G.* Geochemical anomalies in two sulfide-bearing waste disposal areas: Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, and As in contaminated waters and snow, Kemerovo and Chelyabinsk regions, Russia // Toxicological and environmental chemistry. 2015. Vol. 97. № 1. P. 76–89.
3. *Попов А.Н., Браяловская В.Л.* Применение водных макрофитов для очистки поверхностных вод от ионов металлов // Водное хозяйство России. 2000. Т. 2. № 3. С. 268–274.
4. *Klink A., Macioła A, Wisłockab M., Krawczykc J.* Metal accumulation and distribution in the organs of *Typha latifolia* L. (cattail) and their potential use in bioindication // Limnologica. 2013. Vol. 43. P. 164–168.
5. *Kurilenko V.V., Osmolovskaya N.G.* Ecological-biogeochemical role of macrophytes in aquatic ecosystems of urbanized territories (An example of small water bodies of St. Petersburg) // Russian Journal of Ecology. 2006. Vol. 37. № 3. P. 147–151.

6. *Kumari M., Tripathi B.D.* Efficiency of *Phragmites australis* and *Typha latifolia* for heavy metal removal from wastewater // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015. Vol. 12. P. 80–86.
7. *Lichtenthaler H.K.* Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
8. Методы оценки антиоксидантного статуса растений: учеб.-метод. пособие / Под ред. Н.В. Чукиной. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012. 72 с.
9. *Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M.* Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent // Methods in Enzymology. 1999. V. 299. P. 152–178.
10. *Безель В.С., Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н.* Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. 1988. № 2. С. 376–382.

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
WATER RESOURCES QUALITY MANAGEMENT

Арсланова М.М., Шорникова Е.А., Перлова Е.В. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ РЕК СУРГУТСКОЙ НИЗИНЫ 4-10
Arslanova M.M., Shornikova E.A., Perlova E.V. MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SMALL RIVERS OF SURGUT NINE

Беляев С.Д. КОНЦЕПЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИФФУЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД 11-16
Belayev S.D. THE STATE POLICY CONCEPT CONCERNING MITIGATION OF THE DIFFUSE POLLUTION SOURCES IMPACT UPON SURFACE WATERS QUALITY0

Борисова Г.Г., Малева М.Г., Щукина Д.А., Солоницына А.В. ФИТОРЕМЕДИАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АДВЕНТИВНОГО ГИДРОФИТА ELODEA CANADENSIS В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ СРЕДНЕГО УРАЛА С РАЗНОЙ ТОКСИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ 17-22
Borisova G.G., Maleva M.G., Shchukina D.A., Solonitsyna A.V. PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF ADVENTIVE HYDROPHYTE ELODEA CANADENSIS IN WATER BODIES OF THE MIDDLE URALS WITH DIFFERENT TOXIC LOAD

Борисова Т.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ОТ НАВОДНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ Р. СЕЛЕНГА 23-26
Borisova T.A. ENVIRONMENTAL RISKS FROM FLOODING IN THE POOL OF R. SELENGA

Бортин Н.Н., Милаев В.М. НАВОДНЕНИЯ НА РЕКЕ АМУР: ДИНАМИКА, ПРОГНОЗ И ПРИЧИНЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ 27-29
Bortin N.N., Milaev V.M. FLOODS ON THE AMUR RIVER: DYNAMICS, FORECAST AND CAUSES TRANSFORMATIONS OF EXTREME WATER LEVELS

Ванаев Н.О. О РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ 30-32
Vanayev N.O. ON THE IMPLEMENTATION OF THE STATE POLICY IN THE SPHERE OF HYDRAULOGICAL FACILITIES SAFETY SECURING ON THE TERRITORY OF SVERDLOVSK OBLAST

Веницианов Е.В., Аджиенко Г.В. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ВОДНОГО КРИЗИСА: РЕСУРСЫ, ПОТРЕБНОСТИ В ИНВЕСТИЦИЯХ 33-41
Venitsianov E.V., Ageenko G.V. SOME PROBLEMS OF THE GLOBAL WATER CRISIS: RESOURCES AND INVESTMENT NEEDS

Возняк А.А., Лепихин А.П. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПДК: РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ 42-46
Wozniak A.A., Lepikhin A.P. REGIONAL MPCs: DEVELOPMENT OF METHODICAL INSTRUCTIONS

Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В. О ПУТЯХ РЕШЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОБЛЕМ В МАЛОВОДНЫХ РАЙОНАХ ЮЖНОГО УРАЛА 47-52
Gaev A.I., Kudelina I.V., Leontiev T.V. ON THE WAYS OF SOLUTION OF WATER ECONOMIC PROBLEMS IN ARID AREAS OF THE SOUTHERN URALS

Гареев А.М., Барышев В.И. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОГНОЗА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА Р. УРАЛ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН) 56-57
Gareev A.M., Baryshev V.I. METHODICAL COMPONENTS OF THE SPRING FLOOD WATER MAXIMAL FLOWS' FORECAST FOR SMALL AND MEDIUM RIVERS' BASINS (THE URAL RIVER BASIN WITHIN THE BOUNDARIES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTA AS A STUDY CASE)

Горячев В.С. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА 58-63
Goryachev V.S. CURRENT STATUS OF USING WATER RESOURCE OF REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN AND IMPACT ASSESSMENT OF THE SECTORS OF THE NATIONAL ECONOMY

Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД ЕВРО-АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ 64-68
Dauvalter V.A., Kashulin N.A. THE RUSSIA EURO-ARCTIC ZONE FRESH WATER QUALITY CRITERIA

Заслоновский В.Н., Раенко Н.К., Наделяева Н.Н. УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЦЕЛЕЙ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИХ СИСТЕМ 69-73
Zaslonovsky V.N., Raenko N.K., Nadelyaeva N.N. TAKING INTO CONSIDERATION OF THE WATER BODIES' SPECIAL FEATURES AND THE WATER USE OBJECTIVES IN ASSESSMENT OF THEIR SYSTEMS' ECOLOGICAL STATUS

Зубков А.В. ПРОЕКТ «ЧИСТАЯ ВОДА» 74-77
Zubkov A. V. «PURE WATER» PROJECT

Иманов Ф.А., Мамедов В.Г. РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА 78-82
İmanov F.A., Mammadov V.G. DEVELOPMENT OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS OF AZERBAIJAN AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

Казыкина С.М. ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА ЗООБЕНТОСА РЕК СЕВЕРА ЗАБАЙКАЛЬЯ 83-90
Kazykina S.M. ABUNDANCE AND BIOMASS OF THE TRANS –BAIKAL NORTH RIVERS' ZOOBENTHOS

Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Тастемирова Б.Е. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТА НА ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБОЛ 91-95
Kozykeyeva A. T., Mustafayev Zh. S., Tastemirova B. E. ESTIMATION OF THE CLIMATE IMPACT ON FORMATION OF THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE TOBYL RIVER BASIN

Кольонен С., Йормола Ю. ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЕК И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ В ФИНЛЯНДИИ 96-97
Koljonen S., Jormola J. RIVER RESTORATION AND ECOLOGICAL COMPENSATION IN FINLAND

Кролевецкая Ю.В. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВЕННОЙ УСЛУГИ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ ПРАВА ПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ (НА ПРИМЕРЕ АМУРСКОГО БВУ) 98-103
Krolevetskaya Y.V. INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR THE PROCEDURE OF GRANTING RIGHTS TO USE WATER BODIES (ON THE EXAMPLE OF THE ZONE OF ACTIVITY OF THE AMUR BASIN WATER ADMINISTATION).

Крутикова К.В., Насчетникова О.Б. СТЕПЕНЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 104-108
Krutikova K.V., Naschetnikova O.B. PROGRESS ON INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT

Куделина И.В. О МЕТОДАХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ ОРЕНБУРГСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ 109-114
Kudelina I.V. ON THE METHODS OF HYDRO /GEOLOGICAL RESEARCHERS OF THE TERRITORY OF THE ORENBURG URBAN AGGLOMERATION

Кузовлев В.В., Григорьева И.Л. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ 115-121
Kuzovlev V.V., Grigoryeva I.L. ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF WATER QUALITY OF WATER BODIES OF TVER REGION

Курганович К.А., Шаликовский А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ПАВОДКООПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ 122-127
Kurganovich K.A., Shalikovskiy A.V. THE SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF TRANSBAIKAL REGION INUNDATED TERRITORIES DEVELOPMENT USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS DEEP LEARNING ALGORITHMS

Лапина Т. В., Носаль А.П. ПРОБЛЕМЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД НА БОЛОТО И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ 128-134
Lapina T. V., Nosal A. P. PROBLEMS OF THE CURRENT SYSTEM OF NORMALIZING OF THE WASTE WATER DISCHARGE TO ETLAND AND THE WAYS OF THEIR SOLUTION

Леонтьева Т.В. О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ 135-138
Leontyeva T. V. ABOUT THE NEED TO IMPROVE WATER MANAGEMENT ON THE TERRITORY OF EASTERN PART OF ORENBURG REGION

Лысов В.В. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА УСТОЙЧИВОЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ВОДНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РФ 139-140
Lysov V.V. GLOBAL WARMING AND ITS IMPACT ON SUSTAINABLE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT AND WATER SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Макаров А.В., Розовик А.А. О РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РАМКАХ ФЦП «РАЗВИТИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2012 - 2020 ГОДАХ» НА ПРИМЕРЕ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ 141-151
Makarov A.V., Rozovik A.A. CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS IMPLEMENTATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE FEDERAL TARGET PROGRAM «THE RUSSIAN FEDERATION WATER MANAGEMENT COMPLEX DEVELOPMENT IN 2012 – 2020» (THE AMUR REGION EXPERIENCE)

Макаров В.Б. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ, ЧЕЛЯБИНСКОЙ И КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ 152-154
Makarov V.B. PROVIDING OF SAFETY OF HYDRAULIC FACILITIES ON THE TERRITORY OF SVERDLOVSK, CHELYABINSK, AND KURGAN OBLASTS

Мерзликина Ю.Б. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ 155-160
Merzlikina Y.B. DIGITALIZATION OF WATER SECTOR: PROBLEMS AND POSSIBILITIES

Муждаба О.В., Румянцева Е.В., Шестакова Е.Н., Третьяков М.В., Терехова Р.А., Трунин А.А. К ВОПРОСУ О ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОВЕРХНОСТНЫМ ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ СУШИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ 161-167
Muzhdaba O.V., Rumyantseva E.V., Shestakova E.N., Tretyakov M.V., Terekhova R.A., Trunin A.A. ON THE ISSUE OF AUTHENTITY OF HYDROLOGICAL INFORMATION ON TERRESTIAL SURFACE WATER BODIES OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

Мурадов Ш.О., Турдиева Ф.А. УПРАВЛЕНИЕ ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ - ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СУБИРРИГАЦИИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ 168-167
Muradov S. O., Turdiyeva F.A. SOIL WATERS MANAGEMENT AS AN IMPORTANT FACTOR OF SUB/IRRIGATION ON IRIGATED LANDS

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Камалиев А.М. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ШУ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 173-180
MustafaevZh. S., Kozykeyeva A. T., Kamaliyev A.M. CLIMATE CHANGE IN THE TERRITORY OF WATER COLLECTION OF THE SHU RIVER BASIN IN THE CONDITIONS OF ANTROPOGENIC ACTIVITIES

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Калмашова А.Н. ЭКОЛОГО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 181-185
MustafayevZh. S., Kozykeyeva A. T., Kalmashova A. N. ENVIRONMENTAL AND WATER ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ESIL RIVER BASIN CATCHMENT OF THE RIVER UNDER CONDITIONS OF ANTROPOGENOUS ACTIVITIES

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жанымхан Курманбек. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ В ВОДОСБОРАХ БАССЕЙНА МАЛЫХ РЕК 186-190
MustafayevZ.S.,Kozykeyeva A.T., Zhanymkhan Kurmanbek. TECHNIQUE FOR DETERMINATION OF ENVIRONMENTALLY MAXIMAL PERMISSIBLE LOAD IN SMALL RIVER BASIN CATCHMENT

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Сагаев А.А., Алимбаев Е.Н. ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ НА ОСНОВЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ 191-195
Mustafaev Zh. S., Kozykeyeva A. T., Sagaev A.A., Alimbaev Y.N. ESTIMATION OF THE GEOECOLOGICAL CONDITION OF THE LOWEER REACH OF THE SYRDARYA RIVER BASED ON HYDROCHEMICAL INDICATORS

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Рыскулбекова Л. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ СИСТЕМ БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИЛИ 196-199
Mustafayev Z.S., Kozykeyeva a.T., Ryskulbekova L. GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER SYSTEMS OF THE BASIN OF A TRANSBOUNDARY RIVER ILI

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Арыстанова А.Б. ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК С УЧЕТОМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОГРАНИЧЕНИЯ 200-204
Mustafayev ZH.S.,Kozykeyeva A.T., Arystanova A.B. INTEGRATED MANAGEMENT OF WATER RESOURCES OF THE BASIN OF TRANSBOUNDARY RIVERS WITH TAKING INTO CONSIDERATION GEOECOLOGICAL LIMITATION

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛУГ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ТАЛАС 205-211
Mustafayev Z.S., Kozykeyeva A.T., Tursynbayev N.A. ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SERVICES OF THE TRANSBOUNDARY TALAS RIVER BASIN CATCHMENT

Мухутдинов В.Ф., Павлюк Т.Е., Третьякова А.Н. ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА КАК ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ Р. ТУРЫ 212-221
Mukhutdinov V.F., Pavluk T.Y., Tretyakova A.N. THE CHLOROPHYLLE CONCENTRATION MEASUREMENT AS AN EXPRESS-METHOD OF THE TURA RIVER ECOLOGICAL STATUS ASSESSMENT

Набеева Э.Г., Мингазова Н.М., Шигапов И.С., Мингалиев Р.Р., Назаров Н.Г., Зарипова Н.Р., Павлова Р.Р., Кошман М.А. БЛАГОУСТРОЙСТВО МАЛЫХ ОЗЕР: ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ 222-228
Nabeeva E.G., Mingazova N.M., Shigapov I.S., Mingaliev R.R., Nazarov N.G., Zaripova N.R., Pavlova R.R., Koshman M.A., Galiullin R .R. IMPROVEMENT OF SMALL LAKES: EXPERIENCE OF THE PROJECTS' IMPLEMENTATION

Неров И.О., Бугаец А.Н., Краснопеев С.М., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С., Беликов В.В., Гончуков Л.В., Соколов О.В., Розанов В.В. СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУР 229-234
Nerov I. O.,Bugaets A.N., Krasnopeev S.M.,Motovilov Y.G., Kalugin A.S Belikov V.V.,Gonchukov L.V.,Sokolov O.V., Rozanov V.V. SYSTEM OF INFORMATION SUPPORT OF HYDROLOGICAL MODELING IN THE BASIN OF THE AMUR RIVER

Оболдина Г. А. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИМПАКТНОГО МОНИТОРИНГА ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ 235-256
Oboldina G.A. POTENTIAL POSIBILITIES OF THE IMPACT MONITORING IN THE WATER USE REGULATING AND WATER BODIES' ECOLOGICAL REHABILITATION

Попов А.Н. РЕАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПОЛОЖЕНИЙ КОНЦЕПЦИИ О РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ 257-268
Popov A.N. IMPLEMENTATION OF SOME PROVISIONS OF THE CONCEPT OF WATER BODIES REHABILITATION

Прохорова Н.Б. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – СОСТОЯНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 269-272
Prokhorova N.B. PROVIDING OF WATER SAFETY: CURRENT STATUS OF THE TASK SOLUTION

Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Резников В.Ф., Кириллов В.В.О ПРОЕКТЕ ПЕРЕБРОСКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО ТРУБОПРОВОДУ ИЗ БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ В КИТАЙ 273-278
Puzanov A.V., Bezmaternykh D.M., Rybkina I.D., Stoyashcheva N.V., Reznikov V.F. Kirillov V.V. ON THE PROJECT OF WATER RESOURCES TRANSFER FROM THE UPPER OB BASIN TO CHINA BY A PIPELINE

Рыбкина И.Д. ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ФАКТОР СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ 279-285
Rybkina I.D. WATER SECURITY AS A FACTOR OF STRATEGIC REGIONAL PLANNING IN RUSSIA

Тарбаева В.М. ПРОБЛЕМЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 286-290
Tarbayeva V.M. PROBLEMS OF NON-GOVERNMENTALECOLOGICAL CONTROL IN OREDER TO SECURE ECOLOGICAL SAFETY

Топоркова А.А., Эль Азуази Х., Носаль А.П. ВВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАМКАХ ВЫПОЛНЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗА СОСТОЯНИЕМ ДНА, БЕРЕГОВ, СОСТОЯНИЕМ И РЕЖИМОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ВОДООХРАННЫХ ЗОН 291-303
Toporkova A.A., El-Azuazi K., Nosal A.P. INTRODUCTION OF THE NUMERICAL SCORE SYSTEM FOR THE WATER BODIES' SOCIAL/ECOLOGICAL STRESS ASSESSMENT IN THE FRAMEWORK OF MONITORING OF BOTTOM, BANKS, STATUS AND THE USE REGIME OF THEIR WATER/PROTECTIOVE ZONES

Третьякова А.Н. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УЧАСТКОВ ВОДОТОКОВ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ 304-316
Tretyakova A.N. CRITERIA FOR ASSESSMENT THE STATUS OF WATERCOURSES ON HYDROCHEMICAL INDICATORS TO JUSTIFY REHABILITATION MEASURES

Турсунова А.А.ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ И ВЫЗОВЫ 317-324
Tursunova A.A. WATER RESOURCES OF CENTRAL ASIA: THE MAIN HAZARDS AND CHALLENGES

Фоккенс Б. РЕАЛИЗАЦИЯ ВОДНОЙ ПОЛИТИКИ ЕВРОСОЮЗА И ВКЛАД ЕВРОПЕЙСКОГО ЦЕНТРА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕК В ПРОВЕРКУ ХОДА ВЫПОЛНЕНИЯ РАМОЧНОЙ ВОДНОЙ ДИРЕКТИВЫ ЕС 325-332
Fokkens B. EU WATER POLICY IMPLEMENTATION AND EUROPEAN CENTER FOR RIVER RESTORATION'S SUBMISSIONS TO THE EU WATER FRAMEWORK DIRECTIVE FITNESS CHECK

Хафизов А.Р., Камалетдинова Л.А., Гайсин И.З., Камалетдинов Ф.Ф. ПЕРЕРАБОТКА БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 333-339
Chafizov A.R., Kamaletdinova L.A., Gaysin I.Z., Kamaletdinov F.F. TRANSFIGURATION OF THE PAVLOVSK RESERVOIR BANK LINE

Чечель А.П. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ АРГУНЬ 340-343
Chechel A.P. HYDROECOLOGICAL PROBLEMS OF SAFE WATER USE IN THE TRANSBOUNDARY ARGUN RIVER BASIN

Шаликовский А.В., Солодухин А.А., Шаликовский Д.А. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КРИЗИС НА ПОГРАНИЧНОМ УЧАСТКЕ РЕКИ АРГУНЬ: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ 344-350
Shalikovsky A.V., Solodukhin A.A., Shalikovsky D.A.WATER/ECONOMIC CRISIS AT THE ARGUN RIVER BOUNDARY REACH: CAUSES AND CONSEQUENCES

Шаликовский А.В. ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ НАВОДНЕНИЯ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ 351-354
Shalikovsky A.V. CAUSES AND CONSEQUENCES OF FLOOD IN THE TRANSBAYKAL REGION

Шевчук А.В. О НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ 355-366
Shevchuk A. V. ON DIRECTIONS OF IMPROVING THE SYSTEM OF PAYMENTS FOR WATER RESOURCES USE

Шепоренко Г.А. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ОПАСНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА УРАЛЕ 367-370
Sheporenko G.A. CLIMATE CHANGE AND HAZARDOUS METEOROLOGICAL PHENOMENA IN THE URALS

Янчева Е.С. РЕАЛИЗАЦИЯ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «СОХРАНЕНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ» В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ» 371-373
Yancheva E.S REALIZATION OF THE FEDERAL PROJECT «PRESERVATION OF UNIQUE WATER OBJECTS» IN THE FRAMEWORK OF THE NATIONAL PROJECT «ECOLOGY» (ON THE EXAMPLE OF TYUMEN REGION)

СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
SYSTEMS OF PRODUCTION AND DRINKING WATER SUPPLY

Аганина С.Г., Мезенцев А.А., Нестеров Ю.В., Осокина Н.Н., Самохвалов С.В. Штернер С.Р. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ 375-394
Aganina S., Mezentsev A., Nesterov Y., Osokina N., Samohvalov S., Shterner S. AUTOMATED TECHNOLOGICAL LABORATORIES FOR OPTIMIZATION OF THE CURRENTLY OPERATIVE WATER TREATMENT TECHNOLOGICAL PROCESSES

Аксенов В.И., Галкин Ю.А. РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАМКНУТОЙ СИСЕМЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ООО «ВИЗ-СТАЛЬ» 395-398
Aksenov V.I., Galkin Y.A. DEVELOPMENT, REALIZATION AND OPERATING OF OOO «VIZ-STAL» CLOSE-CIRCUIT WATER SUPPLY SYSTEM

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 399-401
Galkin Y.A., Ulasovets Y.A., Obadin D.N., Yermakov D.V. INNOVATIVE TECHNIQUES OF THE MINING PLANTS' WASTE WATER TREATMENT

Галкин Ю.А., Обадин Д.Н. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЩЕЗАВОДСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАК ОСНОВЫ ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В КОМПЛЕКСНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ РАЗРЕШЕНИИ 402-405
Galkin Y.A., Obadin D.N. DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE OPTIMAL PROGRAMS FOR RECONSTRUCTION OF THE PLANT SYSTEM OF INDUSTRIAL WATER SUPPLY A A BASIS FOR THE PROGRAM OF ECOLOGICAL EFFECTIVENESS IN INTEGRATED ECOLOGICAL PERMISSION

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВЕННО-ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ 407-416
Galkin Y.A., Ulasovets Y.A., Obadin D.N., Yermakov D.V. INDASTRIAL/RAINSTORM SEWAGE SYSTEM WASTE WATER TREATMENT

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Обадин Д.Н., Ермаков Д.В. УСТАНОВКИ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕТАТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ 417-422
Galkin Y.A., Ulasovets Y.A., Obadin D.N., Yermakov D.V. WATER TREATMENT FACILITIES FOR FERROUS METALLURGY PLANTS TECHNOLOGICAL UNITS

Демин А.П. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ БЕЗОПАСНОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ 423-427
Demin A.P. CURRENT ISSUES OF PROVIDING THE POPULATION OF RUSSIA WITH SAFE DRINKING WATER

Дрикер Б.Н., Протазанов А.А. КОМПЛЕКСОНАТЫ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ – ИНГИБИТОРЫ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ И КОРРОЗИИ 428-434
Driker B.N., Protazanov A.A. ALKALINE EARTH METAL COMPLEXONATES - SCALING AND CORROSION INHIBITORS

Ермаков Д.Н., Обадин Д.Н., Галкин Ю.А. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ТРУБОПРОКАТНЫХ СТАНОВ 435-444
Yermakov D.N., Obadin D.N., Galkin Y.A. SPECIAL FEATURES OFTHE TUBE ROLLING MILL CIRCULATING WATER TREATMENT TECHNIUES

Иванов И.М. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА И ОБЪЕМА ВОДЫ В ОТРАСЛЯХ ЖКХ – ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ 445-446
Ivanov I.M. METROLOGICAL SUPPORT OF THE WATER FLOW RATE AND VOLUME MEASUREMENT IN COMMUNAL SECTOR (WATER SUPPLY AND WATER DISPOSAL)

Камило Лесмес Фабиан. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА МАЛЫХ ТЕРРИТОРИЯХ: НА ПРИМЕРЕ О. САН-АНДРЕС В КАРИБСКОМ МОРЕ 447-454
Camilo Lesmes Fabián. CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGIES FOR SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT IN SMALL ISLANDS

Кузьмина Е.А., Хлыстов И.А.,Щукина Д.А. АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ БЫТОВОМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИИ 455-456
Kuzmina Y.A., Khlystov I.A., Shchukina D.A. ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT UNCERTAINITIES ASSOCIATED WITH THE SVERDLOVSL OBLAST DOMESTIC WATER SUPPLY

Мурадов Ш.О., Эшанкулов Р.А., Тураев У.М., Раджабова Д.А. Мурадова Ф.М. КОМПЛЕКС ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АРАЛЬСКОМ БАССЕЙНЕ 457-460

Muradov S. O., Eshankulov R.A., Turayev U.M., Radzhabova D. A., Muradova F.M. COMPLEX OF INNOVATIVE GEOECOLOGICAL SOLUTIONS FOR EFFECTIVE WATER USE IN THE ARAL BASIN

Нафикова О.Н. ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСПОЛНЕНИЯ НА ТАМОЖЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ УПАКОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ВКЛЮЧАЯ ПРИРОДНУЮ МИНЕРАЛЬНУЮ ВОДУ) 461-463
Nafikova O.N.SECURITY REQUIREMENTS CONCERNING THE PACKED DRINKING WATER (INCLUDING NATURAL MINERAL WATER) OBLIGATORY FOR APPLICATION AND EXECUTION OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION CUSTOM TERRITORY

Неволина И.В., Сабирова Т.М. ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕЖИМЕ НИТРИ-ДЕНИТРИФИКАЦИИ 464-467
Nevolina I.V., Sabirova T.M. FEATURES OF COKE CHEMICAL PRODUCTION WASTE WATER TREATMENT IN NITRI-DENITRIFICATION MODE

Полева А.О., Хафизов А.Р., Валитов С.А. ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДЫ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. УФА 468-470
Poleva A.O., Khafizov A.R., Valitov S.A. RESEARCHES OF HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATER OF THE PAVLOVSK RESERVOIR ON THE UFA RIVER

Свиридов А.В. ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД 471-475
Sviridov A.V. APPPLICATION OF ALUMINUM SILICATES IN WASTE WATER TREATMENT TECHNIQUES

Свиридов А.В., Юрченко В.В., Свиридов В.В., Семенищев В.С., Шабунин А.Ф., Никифоров А.Ф. АДСОРБЦИОННО-КОАГУЛЯЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ НА ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТАХ 476-480
Sviridov A.V., Yurchenko V.V., Sviridov V.V., Semenishchev V.S., Shabunin A.F., Nikiforov A.F. ADSORPTION/COAGULATION RECOVERY OF CESIUM AND STRONTIUM IONS WITH INTERCALACTED ALUMINUM SILICATES

Теплоухов С.П. ЦЕМЕНТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ 481-482
Teploukhov S.P. CEMENT INDUSTY AND SOPUTION OF THE INDUSTRIAL PROBLEM WASTE PROCESSING

Токунова Н.А. НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ КАЧЕСТВА НА ДОБРОВОЛЬНОЙ ОСНОВЕ 483-484
Tokunova N.A. THE NATIONAL CERTIFICATION SYSTEM AS AN INSTRUMENT OF THE QUALITY AFFIRMATION ON VOLUNTEER BASIS

Федорова Д.В., Мигалатий Е.В., Насчетникова О.Б. ОБЗОР НОВЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ УДАЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД 485-491
Fedorova D.V. Migalati E.V., Naschetnikova O.B.
REVIEW OF THE LATEST RESEARCHES IN THE SPHERE OF HEAVY METALS REMOVAL FROM INDUSTRIAL WASTE WATERS

Хлыстов И.А., Щукина Д.А., Кузьмина Е.А. ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ОБЗОР) 492-498
Khlystov I.A., Shchukina D.A., Kuzmina Y.A. ISSUS OF NORMALIZATION OF INDICATORS OF DRINKING WATER ORGANIC POLLUTION (REVIEW)

Шпортко И.Ю. РАЗРАБОТКА ГОСТ Р «ВОДА ПИТЬЕВАЯ, РАСФАСОВАННАЯ В ЕМКОСТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ» 499-500

Shportko I.Y. DEVELOPMENT OF GOST R «BOTTLED DRINKING WATER. DETERMINATION OF THE DISSOLVED OXYGEN MASS CONCENTRATION. METHODS OF MEASUREMENT»

Юрченко В.В., Свиридов А.В., Семенищев В.С., Никифоров А.Ф., Шабунин А.Ф., Никифоров С.В. СОРБЦИЯ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫМ МОНТМОРИЛЛОНИТОМ 501-504
Yurchenko V.V., Sviridov A.V., Semenishchev V.S., Nikiforov A.F., Shabunin A.F., Nikiforov S.V. CALCIUM IONS SORBTION WITH THE MODIFIED MONTMORILLONIT

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ
ROLE OF ECOLOGICAL EDUCATION AND AWARENESS IN FORMATION OF SAFE ENVIRONMENT FOR POPULATION

Дорожкин Е.М., Харина Г.В., Анахов С.В. 506-513
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И НАУЧНЫЕ ПРАКТИКИ РГППУ В СФЕРЕ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ
Dorozhkin E.M., Kharina G.V., Anakhov S.V. EDUCATIONAL AND RESEARCH PRACTICES OF RUSSIAN STATE PROFESSIONAL/PEDAGOGICAL UNIVERSITY IN WATER QUALITY MONITORING IN SVERDLOVSK OBLAST AND IN DEVELOPMENT OF ECOTOXICANTS' DECONTAMINATION TECHNIQUES

Застольская Л.И. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА СТАНЦИИ ЮНЫХ НАТУРАЛИСТОВ НИЖНЕГО ТАГИЛА ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРОДА И ПРИРОДНОГО ПАРКА «РЕКА ЧУСОВАЯ» 514-517
Zaselsky L.I. REASERCHES OF URBAN AND "THE CHUISOVAYA RIVER" NATURE PARK AQUATIC ECOSYSTEMS AT THE NIZHNI TAGIL YOUNG NATURALISTS STATION

Зиннатова Э.Р., Семенова О.В. РАЗВИТИЕ ЛИЧНОСТИ РЕБЕНКА СРЕДСТВАМИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ «БИОИНДИКАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г.НИЖНИЙ ТАГИЛ») 518-519
Zinnatova E.R., Semenova O.V. DEVELOPMENT OF A CHILD'S INTEGRITY BY THE MEANS OF EDUCATIONAL/RESEARCH ACTIVITIES (FROM THE EXPERIENCE OF "BIOINDICATION OF NIZHNIY TAGIL WATER BODIES" PROJECT)

Казакова Л.С., Мартыненко Т.Л., Головнина Т.В., Юлдашева М.А. ПРИВЛЕЧЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОСТИ И ОБУЧАЮЩИХСЯ К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО СОХРАНЕНИЮ И ИЗУЧЕНИЮ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА С ООПТ. ЭКСПЕДИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ 520-522
Kazakova, L. S., Martynenko T. L., Golovnin T. V., Yuldashev M. A. POPULATION AND STUDENT INVOLVMENT INTO WATER BODIES PRESERVATION AND STUDYING. JOINT WORK AND EXPEDITIONS TO WATER BODIES

Ларионова А.П. ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ МАУ ДО ГОРСЮН ГОРОДА НИЖНИЙ ТАГИЛ ПО ВОВЛЕЧЕНИЮ ДЕТЕЙ И УЧАЩИХСЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО СОХРАНЕНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ 523-524
Larionova A.P. FROM THE EXPERIENCE OF UIA TO THE CITY OF NIZHNY TAGIL TO INVOLVE CHILDREN AND STUDENTS IN PEDAGOGICALLY ORGANIZED ACTIVITIES FOR THE CONSERVATION OF WATER RESOURCES

Мамонова Е.Е. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ 525-527
Mamonova E. E. ASSESSMENT OF THE WATER BODIES' STATUS WITH INVERTEBRATES

Репин Ю.В., Фирсова Р.О. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ 528-532
Repin Y.A., Firsova R.O. PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE ECOLOGICAL EDUCATION DEVELOPMENT IN RUSSIA

Силина В.М. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГОРОДСКОГО ДЕТСКОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ПО ВОСПИТАНИЮ БЕРЕЖНОГО ОТНОШЕНИЯ К ВОДНЫМ РЕСУРСАМ Г. С УЧАЩИМИСЯ ЕКАТЕРИНБУРГА 533-536

Яковлева А.В. РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ, КУЛЬТУРЫ И БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ
Yakovleva A.V. THE ROLE OF ECOLOGICAL EDUCATION IN FORMATION OF ECOLOGICAL OUTLOOK, CULTURE AND SAFE ENVIRONMENT 537-539

ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ОБЩЕСТВО, ТЕХНОЛОГИИ, ИССЛЕДОВАНИЯ
WATER SAFETY: SOCIETY, TECHNIQUES, RESEARCHES

Бичевина К.В. ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗООБЕНТОСА ОТ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ
Bichevina K.V. DETERMINATION OF DEPENDENCE OF QUANTITATIVE PARAMETERS OF THE ZOOBENTHOS FROM ABIOTIC ENVIRONMENTAL FACTORS 541-550

Джон Хайро Руис Эрнандес. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ИЗ УГЛЕРОДА
John Jairo Ruiz Hernandez. IMPLEMENTATION OF THE PROCESS OF PYROLYSIS OF AGROINDUSTRIAL WASTE FOR TREATMENT OF WASTE WATER FROM COAL MINES 551-567

Зенкова К.И. СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ КЛАССА КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ТУРЫ, ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ, ПРОЦЕССОВ НИТРИФИКАЦИИ И САМООЧИЩЕНИЯ
Zenkova K.I. COMPARISON OF THE WATER QUALITY CLASS ASSESSMENT METHODS (THE TURAL RIVER AS A STUDY CASE), ASSESSMENT OF WATER POLLUTION LEVEL, PROCESSESS OF NITRIFICATION AND SELF-PURIFICATION 568-576

Камалетдинова Л.А., Гайсин И.З. БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ С БЛАГОУСТРОЙСТВОМ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ НА ИССЛЕДУЕМОМ УЧАСТКЕ ВОДОЗАБОРА ТЭЦ-2 НА РЕКЕ УФА
Kamaletdinova L.A., Gaysin I.Z. BANK PROTECTION WITH THE BANK LINE ARRANGEMENT AT THE SITE OF WATER INTAKE OF THERMAL POWER PLANT-2 AT THE UFA RIVER 577-579

Клубов С.М. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ РЕГУЛЯРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ГУП «ВОДОКАНАЛ СПБ» ЗА КАЧЕСТВОМ ВОДЫ
Klubov S.M. THE SAINT PETERSBURG WATER BODIES' POLLUTION ASSESSMENT WITH THE USE OF THE "VODOKANAL SPB" DATA OF REGULAR OBSERVATIONS OF THE WATER QUALITY 580-581

Курганович К.А, Кочев Д.В. ГИБРИДНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ЦЕЛЬЮ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПОДВЕРЖЕННЫХ НАВОДНЕНИЯМ
Kurganovich K.A., Kochev D.V. A HYBRID METHOD OF THE PILOTLESS VEHICLES EARTH REMOTE SENSING DATA ANALYSIS IN ORDER TO MAP THE FLOOD RISKY TERRITORIES 582-602

Лукьянов К.В. ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАЛЫХ РЕК СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ ДМИТРОВСКОГО РАЙОНА 603-607
Lukyanov K.V. SMALL RIVERS POLLUTION WITH WASTE WATERS FROM WATER TREATMENT FACILITIES OF THE MOSCOW OBLAST DMITROV RAYON INHABITED LOCATIONS

Максимова Е.А. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ЗАВОДА ОЦИНКОВАННОГО ПРОКАТА 608-616
Maksimova Y.A. WASTE WATER TREATMENT AND TREATMENT OF THE ZINCED ROLLED MATERIAL SLUDGE

Минигалин Р. Р., Носаль А. П. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В МОНИТОРИНГЕ ВОДООХРАННЫХ ЗОН 617-622
Minigalin R. R., Nosal A. P. THE PROSPECTS OF PILOTLESS VEVICLES USE IN WATER/PROTECTIVE ZONES MONITORING

Могильникова А.В. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ 623-625
Mogilnikova A.V. APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE RESEARCH OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF ARTIFICIAL WATER OBJECTS

Ряполова Н.Л., Тусупбеков Ж.А., Волгин А.В., Комалова А.К. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШЛЮЗА РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ВЫБОРА ТИПОВ И РАЗМЕРОВ ГАСИТЕЛЕЙ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИХ РАЗРУШЕНИЕ КАНАЛА 626-631
N.L. Ryapolova, Zh.A. Tusupbekov, A.V. Volgin, A.K. Komalova
HYDRAULIC MODELLING OF A GATEWAY REGULATOR TO CHOOSE QUENCHER TYPE AND DIMENSIONS TO PREVENT THE CHANNEL DESTRUCTION

Толмачева Н.О., Липунов И.Н. РЕЦИКЛИНГ НАДСМОЛЬНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ 632-635
Tolmacheva N. O., Lipunov I. N. RECYCLING PHENOL-FORMALDEHYDE RESIN PRODUCTION OVER-RESIN WATER

Тусупбеков Ж.А., Ряполова Н.Л., Шарапов А.А., Шарко Е.А. УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ КАК ОСНОВНАЯ МЕРА ПО УМЕНЬШЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ НАВОДНЕНИЯ 636-640
Zh.A. Tusupbekov, N.L. Ryapolova, A.A. Sharapov, E.A. Sharko. DELINEATION OF THE FLOODED ZONES AS A MAIN MEASURE FOR MITIGATION OF GLOODS' NEGATIVE CONSEQUENCES

Шаликовский Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В БАССЕЙНЕ Р. АМУР НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ 641-644
Shalikovskiy D.A. RESEARCH OF THE RULES OF FORMATION OF THE FLOW IN THE BASIN OF AMUR RIVER ON THE TRANSBAIKAL STATE

Ширяев Г.И., Малева М.Г., Борисова Г.Г. ОЦЕНКА ФИТОРЕМЕДИАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА PHRAGMITES AUSTRALIS И TYPHA LATIFOLIA В ЗОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА 645-648
Shiryaev G.I., Maleva M.G., Borisova G.G. ESTIMATION OF PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF PHRAGMITES AUSTRALIS AND TYPHA LATIFOLIA IN THE ACTIVITY AREA OF COPPER SMELTER