

ХОЛИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА ГОРНЫХ РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА

Иманов Ф.А.¹, Вердиев Р.Г.², Алиев С.И.³, Алиев Э.Г.⁴, Мамедова Дж.А.¹

¹ Научно-исследовательский и проектный институт «Суканал», ОАО «Азерсу», г. Баку, Азербайджан

² Национальная Служба по Гидрометеорологии Азербайджана, г. Баку, Азербайджан
³ Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан

⁴ Центральная Лаборатория Открытого Акционерного Общества «Азерсу», г. Баку, Азербайджан

e-mail: farda_imanov@mail.ru

Ключевые слова: экологический сток, холистический подход, расход воды, физико-химические параметры, придонная фауна.

В статье рассматривается методология определения экологического стока двух рек Азербайджана, основывающаяся на холистическом подходе. Показано, что применение предложенной методологии требует данных по гидрологическому режиму и гидроморфологии рек, по физико-химическим параметрам речных вод, по видам придонной фауны и водопользованию. Приводится пример по оценке экологического стока реки Шамкирчай. Отмечается, что при реализации рассмотренной методологии в условиях Азербайджана возникает ряд проблем, связанных с наличием исходной информации. Для адаптации этого современного подхода требуется разработка рекомендаций по оценке необходимых показателей неизученных рек.

THE HOLISTIC APPROACH TO DETERMINING THE ECOLOGICAL FLOW OF THE MOUNTAIN RIVERS OF AZERBAIJAN

Imanov F.A.¹, Verdiyev R.G.², Aliyev S.I.³, Aliyev E.H.⁴, Mamedova J.A.¹

¹ "Sukanal" Scientific Research and Design Institute, "Azersu" OJSC, Baku, Azerbaijan

² National Hydrometeorological Service of Azerbaijan: Baku, Azerbaijan

³ Baku State University, Baku, Azerbaijan, e-mail: alisaleh56@mail.ru

⁴ Central Laboratory of "Azersu" OJSC, Baku, Azerbaijan

e-mail: farda_imanov@mail.ru

Keywords: environmental flow, holistic approach, water discharge, physicochemical parameters, benthic fauna.

The article discusses a methodology for determining the environmental flow of two rivers in Azerbaijan, based on a holistic approach. It is shown that the application of this methodology requires data on the hydrological regime and hydromorphology of rivers, on the physicochemical parameters of river waters, species of bottom fauna and water use. An example of assessing the environmental flow of a river is given. It is noted that when implementing the considered methodology in the conditions of Azerbaijan, a number of problems arise related to the availability of initial information. To adapt this modern approach, it is necessary to develop recommendations for assessing the necessary indicators of unstudied rivers.

ВВЕДЕНИЕ

Неэффективное использование водных ресурсов отрицательно влияет на экологическое состояние рек, нарушает обмен веществ и энергии, происходящих в речных экосистемах. Хозяйственная деятельность в речных бассейнах, в первую очередь, влияет на абиотические характеристики речной экосистемы, изменяет ее водный, тепловой, радиационный режимы, расходы наносов и русловые процессы. Изменения гидрологического режима реки в конечном результате отражаются на биотических свойствах экосистемы [1].

Следует отметить, что у водных объектов, наряду с социально-экономическими и водохозяйственными функциями, есть также экологические, геосферные, ландшафтные и рекреационно-эстетические функции [2]. Поэтому, величина допустимого изъятия речных вод должна устанавливаться таким образом, чтобы оставшийся объем воды в русле обеспечивал нормальные – близкие к естественным условиям – экологические процессы в реке.

Концепция экологического стока исторически сложилась в результате деградации водных экосистем, вызванной чрезмерными водозаборами из рек. Несмотря на разнообразие терминов и большое количество методов исследования, практически во всех случаях, величина экологического стока рассматривается как необходимая часть речного стока, оставляемого в русле реки [3]. Конечной целью обеспечения экологического стока является улучшение экологического состояния реки, т.е. повышение ее «экологического статуса», согласно терминологии Водной Рамочной Директивы Европейского Союза по водным ресурсам [4], путем снижения негативных экологических последствий изменения водности рек.

В большинстве стран Европейского Союза вопрос обеспечения экологического стока рек нашел отражение в законодательных документах национального и регионального уровня [5]. К сожалению, в настоящее время в Азербайджане отсутствует нормативный документ по определению экологического стока рек. Проектные организации применяют гидрологический метод [6].

Существующие методы (более 200) делятся на три группы [7]:

1. Гидрологические;
2. Гидравлическое моделирование среды обитания;
3. Холистические (комплексные) методы.

В международной практике чаще всего используются гидрологические методы, так как они являются более простыми (необходимы только гидрологические данные) и дешевыми (полевые исследования не требуются).

Однако, в настоящее время вопрос определения допустимых изъятий речных вод и количества экологического стока еще далек от своего решения [8].

Анализ имеющихся методов определения экологического стока показывает, что для применения этих методов требуется разнообразная информация, включая количественные и качественные показатели речных экосистем (гидрологические, гидрохимические и гидробиологические). Методы гидравлического моделирования среды обитания и холистические (комплексные) методы считаются более объективными, потому что для использования этих методов, кроме гидрологических и гидрохимических данных, также требуются данные гидробиологического мониторинга. Но в Азербайджане такой мониторинг проводится лишь с 2012 г., и то на нескольких реках. Поэтому ранее, для расчета экологического стока рек Азербайджана, был разработан и в дальнейшем усовершенствован гидрологический метод, который позволяет сохранять реки, как элемент ландшафта и поддерживать их экологические и др. функции [1, 9, 10, 11].

В 2017–2021 гг. в Азербайджане и Грузии был выполнен проект, финансируемый ПРООН и ГЭФ: «Развитие интегрированного управления водными ресурсами в бассейне

реки Кура, посредством реализации согласованных трансграничных мероприятий и государственных планов (Кура II)». В рамках этого проекта в бассейнах двух притоков р. Куры (реки Шамкирчай и Алиджанчай) проводились исследования с целью разработки холистического метода по определению экологического стока рек.

ОПИСАНИЕ БАССЕЙНОВ ПИЛОТНЫХ РЕК

Реки Шамкирчай и Алиджанчай являются соответственно правым и левым притоками р. Куры. Некоторые морфометрические характеристики рек и их бассейнов, а также данные о численности населения и характере водопользования приведены в табл.1.

Табл. 1. Характеристики рек и их бассейнов

Река	Площадь бассейна, км ²	Высота, м		Длина, км	Численность населения, тыс. чел.	Водопользование
		Источка	Устья			
Шамкирчай	1170	3220	93	95	66,2	Питьевое водоснабжение, орошение, гидроэнергетика
Алиджанчай	1010	3500	13	91	32,4	Питьевое водоснабжение, орошение

На рис. 1 показан бассейн р. Шамкирчай.

В бассейнах обеих рек сформировались следующие высотные ландшафтные пояса: равнинные и предгорные степи, горные леса, горные луга, субнивальный и нивальный пояс. Приустьевую часть бассейна р. Алиджанчай занимают равнинные полупустыни.

В равнинных частях бассейнов рек развито орошаемое земледелие. По данным 2018 г., в бассейнах рек Шамкирчай и Алиджанчай площадь орошаемых земель составляет соответственно 11 344 и 3483 га. Здесь в основном выращивают зерновые, кормовые и бахчевые культуры.

В 2014 г. на реке Шамкирчай построено водохранилище с полезным объемом в 156,3 млн м³. Воды водохранилища используются для орошения и питьевого водоснабжения городов Гянджа, Шамкир и населенных пунктов Самухского района. Здесь действует также ГЭС, мощностью в 25 МВт.

В бассейне р. Алиджанчай построено небольшое внеусловное ирригационное водохранилище и имеются два ирригационных водозаборных сооружения (рис. 1). В настоящее время проектируется новое водохранилище с полным объемом в 115 млн м³.

В табл. 2 приведены сведения о гидрологической изученности рек и их основные стоковые характеристики.

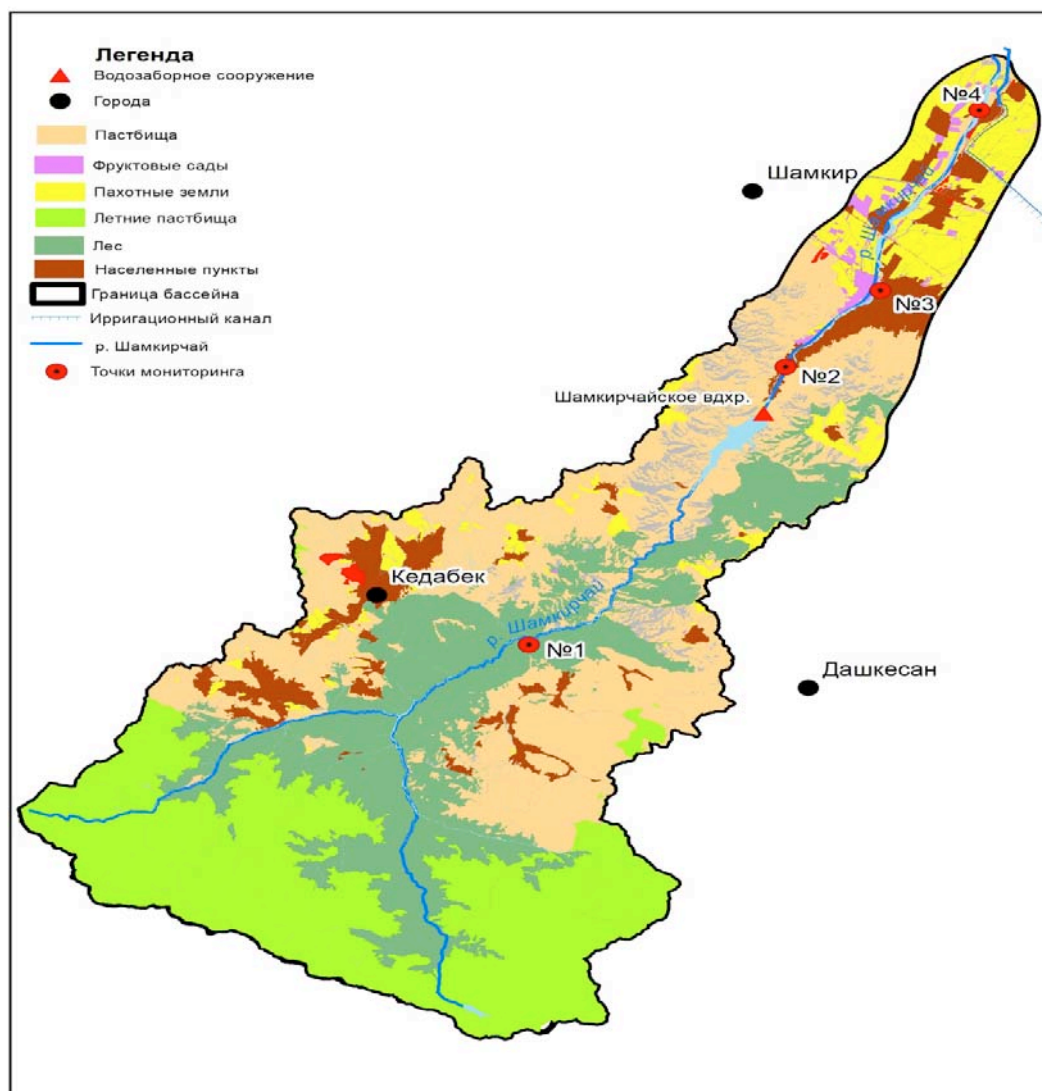


Рис. 1. Бассейн р. Шамкирчай.

Табл. 2. Основные стоковые характеристики рек

Река - пункт	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдения	Расходы воды, м ³ /с		
			Средний годовой	Максимальный	Минимальный
Шамкирчай-Калакенд	117	1958–2020	2,37	31,5	0,30
Шамкирчай-Ашаги Чайкенд (Барсум)	922	1928–1988	8,47	240	0,20
Алиджанчай-Халхал	66,7	1948, 1950–1957	1,45	9,70	0,26
Алиджанчай-Каябаши	708	1958–2010	5,82	146	0,35
Алиджанчай-Ханабад	1160	1935, 1938–1944, 1948–1957	3,81	62,0	0,26
Алиджанчай-Халдан	1200	1931–1932	2,00	11,2	–

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕК

При разработке метода учитываются три важных момента:

1. Определение экологического стока должно основываться не только на гидрологических или гидравлических критериях, но и учитывать потребности биологического сообщества рек.
2. Величина экологического стока должна обеспечивать охрану не только одного вида флоры или фауны, а все речное сообщество в целом.
3. Экологический сток – это не просто определенные значения минимальных расходов воды. Его величина определяется набором характеристик речного потока (расходы воды, их повторяемость или частота, продолжительность стояния, колебания). Сезонный речной сток формирует естественную среду обитания, служит ориентиром для миграции и нереста, распределяет семена и способствует их росту, а также позволяет рекам нормально функционировать.

При холистическом подходе задача состоит в том, чтобы управлять водными ресурсами в бассейне для одновременного достижения всех целей, включая обеспечение экологического стока, водопользование, качество воды, производство энергии и т. д.

Начиная с 1990-х годов, большинство исследователей для оценки экологического стока придерживаются холистического подхода. Основываясь на существующем мировом опыте в этой области, в 2017 г. разработана холистическая методология для определения экологического стока рек Грузии [12]. Данная методология представляет собой очень гибкий подход, который может быть реализован в бассейнах рек, характеризующихся с различными физико-географическими условиями. Поэтому эта методология использовалась и для экспериментальной оценки экологического стока рек Шамкирчай и Алиджанчай.

В экспертную группу входили специалисты по гидрологии, морфологии рек, качеству воды, гидробиологии и социологии.

На основании предварительного анализа водохозяйственной деятельности в речных бассейнах вдоль каждой реки были назначены 4 точки мониторинга (рис. 1). В течение двух лет, в различные фазы гидрологического режима рек, организованы 12 полевых обследований, которые проводились во всех точках мониторинга.

В соответствии с общей программой мониторинга, во время полевых исследований оценены состояния речных русел и их берегов, измерены расходы воды. Определялись 17 физико-химических параметров речной воды. Анализы некоторых показателей (температура воды, pH, содержание растворенного кислорода и т.д.) выполнялись прямо у реки, а остальных параметров (фосфаты, нитраты, БПК₅ и т.д.), в лабораторных условиях. Из-за высоких скоростей течения, русла изучаемых рек не зарастают. Поэтому во время гидробиологического мониторинга основное внимание было уделено видовому составу макрозообентоса. В результате были собраны данные о водопользовании в речных бассейнах. Для этого проводились встречи с представителями местных муниципалитетов, организаций по питьевому водоснабжению и распределению ирригационных вод. Выполнен опрос среди населения, проживающего в деревнях, расположенных вдоль рек.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА

Ниже, на примере мониторинговой точки № 3 на р. Шамкирчай, дается краткое описание применения данной методологии. На рассматриваемом участке реки морфология русла резко изменена. Берега реки искусственно укреплены и в русле созданы два пруда. Из-за оседания основной массы наносов выше, в точке № 2 (выше плотины), русло реки глубоко врезано и полностью отделено от поймы. Согласно протоколу ЕС Кура ТАСИС (EU Kura TACIS), *гидроморфологические элементы* реки на

этом участке мониторинговой точки № 3 находятся в плохом состоянии.

Качество воды все еще остается хорошим, за исключением концентрации биогенных веществ (NO_3 и особенно PO_4), значения которых выше по сравнению с данными двух точек мониторинга, расположенных выше по течению. Качество воды в мониторинговой точке № 3 можно классифицировать как хорошее или умеренное.

Общее число *видов придонной фауны* колеблется от 16 (в холодные месяцы) до 73 (в летние месяцы). Это дает основание оценить состояние данного участка реки по этому показателю как хорошее.

Выполненные оценки состояния мониторингового участка реки по трем элементам (гидроморфологическим, физико-химическим и гидробиологическим) варьируют между хорошим и плохим состоянием. В целом, состояние реки здесь оценено как плохое.

Согласно данной методологии, режим экологического стока включает три экологически и социально значимых компонента речного стока:

1. Величина стока для выживания донной фауны. Соответствует наименьшим наблюдаемым расходом воды в маловодные периоды года.

2. Величина низкого стока необходима для поддержания индикаторных видов и стадий их жизни, экологических процессов, а также важных социальных и культурных объектов. Продолжительность периода низкого стока обычно составляет от одного до шести месяцев, и обеспечивается непрерывный сток в течение года.

3. Значения максимальных расходов воды, продолжительность стояния которых составляет не менее 5 дней. Эти расходы воды предназначены для поддержания морфологии русла и экосистемы речной поймы.

В итоге, режим экологического стока представляется в виде таблицы, пример которой для мониторинговой точки № 3 на р. Шамкирчай приводится ниже (табл. 3).

Табл. 3. Режим экологического стока на р. Шамкирчай в точке № 3

Сток для выживания донной фауны			
Продолжительность	Период	Расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$)	Соответствующая продолжительность стояния суточных расходов воды
Весь год	Январь–Декабрь	1,10	Q_{355}
Период низкого стока			
Назначение	Период	Расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$)	Соответствующая продолжительность стояния суточных расходов воды
Поддержание среды обитания донной фауны и растительного сообщества	15 июня–31 августа	4,40	Q_{270}
Период высокого стока			
Назначение	Период	Продолжительность	Расход воды
Обводнение поймы	15 февраля–15 апреля	5 дней	$> 30 \text{ м}^3/\text{с}$
		1 день	$> 35 \text{ м}^3/\text{с}$

ВЫВОДЫ

При реализации рассмотренной методологии по определению экологического стока рек Азербайджана возникает ряд проблем, связанных с наличием исходной информации. В настоящее время в стране действуют около 60 гидрологических постов, и только в 37 пунктах осуществляется регулярный мониторинг над физико-химическими параметрами речных вод, а гидробиологический мониторинг вовсе отсутствует. Следующим шагом по адаптации этого холистического подхода в условиях Азербайджана будет разработка рекомендаций по оценке необходимых показателей для неизученных рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иманов Ф.А., Раджабов Р.Ф., Нуриев А.А.* Метод определения экологического стока рек Азербайджана. // Водное хозяйство России. № 5. 2017. С. 90–101.
2. *Фролова Н.Л.* Гидрологические ограничения природопользования // Вопросы географии. Сб. 133: Географо-гидрологические исследования. М.: Издательский дом «Кодекс», 2012. С. 456–478.
3. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. European Commission Guidance Document № 31. 2015.
4. EU Water Framework Directive, (2000/60/EC), European Communities, 2000.
5. *Benítez, C. and Schmidt, G.* 2012. Analysis of implementation of Environmental Flow in the wider context of the river basin management plans (Report drafted in the framework of the Comparative Study of Pressures and Measures in the Major River Management Plans. Task 3d: Water Abstraction and Water Use).
6. *Фацевский Б.В.* Основы экологической гидрологии. Мн.: Экоивест, 1996. 240 с.
7. *Tharme R.E.* A global perspective on environmental flow assessment emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers // River research and applications-19-2003. Pp. 397–441.
8. Вода России. Малые реки / Под ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. 804 с.
9. *Владимиров А.М., Иманов Ф.А.* Принципы оценки экологического стока рек // Вопросы экологии и гидрологического расчеты. СПб.: Изд-во РГГМИ, 1994. Вып.116. С. 4–7.
10. *Иманов Ф.А.* Минимальный сток рек Кавказа. Баку, Изд-во “Нафта -пресс”, 2000. С. 298.
11. *Imanov F.A., Rajabov R.F., Nuriyev A.A.* A method to determine ecological flows: A Case Study for mountainous Ganjachay River in Azerbaijan // 31st session EFC/FAO Working Party on the Management of Mountain Watersheds. Management. Prague, 2017, September 4–6. Pp.15–25.
12. USAID 2017. The assessment of environmental flow for the rivers and streams of Georgia. Usaid governing for growth (g4g) in Georgia. Contract number: aid-114-c-14-00007. Deloitte consulting llp.