

НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

REGULATORY/LEGAL BASE AND METHODOLOGICAL SUPPORT
OF THE WATER/ECONOMIC ACTIVITIES'
AND WATER RESOURCES MANAGEMENT

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НДВ ПО ХИМИЧЕСКИМ И
ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ НА ПРИБРЕЖНЫЕ МОРСКИЕ АКВАТОРИИ (НА
ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНЫХ БУХТ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ)**

Бортин Н.Н., Горчаков А.М., Милаев В.М., Белевцов А.А.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и
охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал,
г. Владивосток, Россия
e-mail: bortin@mail.ru

Ключевые слова: балансовые модели, нормативы допустимого воздействия, ассимиляционная емкость, масса загрязняющих веществ, качество вод, морская прибрежная акватория.

Выполнен расчет нормативов допустимого воздействия (НДВ_{хим}) на бухту Золотой Рог и Амурский залив, используя методологические подходы, разработанные в Дальневосточном филиале ФГБУ РосНИИВХ (балансовые модели при наличии и недостаточности гидрохимических и других исходных данных). Анализ многолетних данных станций Приморгидромета и Госстатотчетности по 2ТП (водхоз) позволил выявить высокую ассимиляционную способность вод бухты Золотой Рог и разработать методику расчета этой величины, а также рекомендовать ее включить в формулу расчета НДВ_{хим} для морских прибрежных акваторий.

Выявлен перечень приоритетных ингредиентов, влияющих на экологическое состояние бухты, приносимых со сточными водами предприятий, с ливневыми и талыми сточными водами. К ним относятся девять загрязняющих веществ (ЗВ): легко окисляемые органические вещества, взвешенные вещества, нефтепродукты, фосфаты, аммонийный азот, фенолы, СПАВ, железо и жиры. Для реки Объяснения, впадающей в бухту, кроме перечисленных выше веществ, добавляются нитриты. Наибольшее негативное воздействие на качество вод и гидробионты бухты в ливневом стоке оказывают пять ингредиентов: легкоокисляемые органические и взвешенные вещества, нефтепродукты, фенолы и железо. В результате выполненных расчетов выявлено, что из 9 рассматриваемых ингредиентов нормированию, за счет имевшей место высокой ассимиляционной емкости, подлежат 3 (нефтепродукты, фенолы и аммонийный азот).

Для Амурского залива расчет НДВ_{хим} выполнен с учетом характеристик предельно допустимого насыщения сточных вод, а к нормируемым отнесены фенолы, железо и СПАВ.

**METHODICAL APPROACHES TO THE DEFINITION OF NDV ON CHEMICAL AND
WEIGHTED SUBSTANCES ON COASTAL MARINE WATER AREAS
(ON THE EXAMPLE OF THE SEPARATE BAYS OF PETER
OF THE GREAT JAPAN SEA)**

Bortin N.N., Gorchakov A.M., Milayev V.M., Belevtsov A.A.

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and
Protection», Far Eastern Branch, Vladivostok, Russia
e-mail: bortin@mail.ru

Keywords: balance models, acceptable impact standards, assimilation capacity, mass of pollutants, water quality, marine coastal water.

The standards of permissible impact (NDV_{him}) on the Golden Horn Bay and the Gulf of Amur have been calculated using methodological approaches developed in DalNIIVH (balance models in the presence and insufficiency of hydrochemical and other raw data). The analysis of the long-term

data of the Primorhydromet and State Statistics stations on 2TP (waterhoz) revealed the high assimilation capacity of the Waters of the Golden Horn Bay and to develop a methodology for calculating this value, as well as recommending it to be included in the formula for calculating the NDV_{him} for marine coastal areas.

A list of priority ingredients affecting the ecological condition of the bay, brought with wastewater from enterprises, with stormwater and melt sewage has been identified. These include nine pollutants (ERS): easily oxidized organic matter, suspended substances, petroleum products, phosphates, ammonium nitrogen, phenols, SPAV, iron and fats. Nitrites are added to the river, which flows into the bay, in addition to the substances listed above. Five ingredients have the greatest negative impact on the quality of the bay's water and hydrobionts in storm drain: lightly oxidized organic and suspended substances, petroleum products, phenols and iron. As a result of the calculations, it was revealed that of the nine ingredients under consideration, rationing, due to the high assimilation capacity, is subject to 3 (oil products, phenols and ammonium nitrogen).

For the Gulf of Amur, the calculation of NDV_{him} is made taking into account the characteristics of the maximum allowable saturation of wastewater, and rationable are phenols, iron and SPAV.

Одной из острейших социально-значимых проблем городов-портов Дальнего Востока является проблема охраны прибрежных морских акваторий и выпадающих в них пресноводных водных объектов. Загрязнение прибрежных акваторий наносит огромный экологический и экономический ущерб водным биоресурсам, ухудшается качество природной среды, уничтожаются участки побережий с лечебными донными отложениями (грязями), теряется их рекреационная привлекательность, что в конечном итоге приводит к дискомфорту и социальной напряженности проживающего здесь населения.

Мощному антропогенному воздействию большого числа источников загрязнения подвержены прибрежные воды Залива Петра Великого, где одной из самых загрязненных бухт на Дальнем Востоке считается бухта Золотой Рог – объект комплексного водопользования. Бухта Золотой Рог является составной частью Свободного порта Владивосток, для которого, в соответствии с Федеральным законом [1], установлены меры государственной поддержки предпринимательской деятельности, направленные на расширение трансграничной торговли, развитие транспортной инфраструктуры и включение Приморского края в глобальные транспортные маршруты. В связи с открытием Свободного порта Владивосток антропогенная нагрузка на акваторию бухты существенно увеличивается, что может привести к значительному ухудшению и без того неудовлетворительного состояния данного водного объекта. Исходя из целевого назначения бухты, она испытывает практически все виды воздействия хозяйственной деятельности, оценка которых регламентирована Методическими указаниями по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты (НДВ_{хим}) и Методикой разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей [2, 3].

Бухта Золотой Рог расположена на полуострове Муравьев-Амурский и гидравлически связана с проливом Босфор-Восточный (рис. 1 и 2). Большую часть водосбора занимают селитебные территории г. Владивосток.

Гидрографическая часть водосбора представлена рекой Объяснения и ее притоком – ручьем Буяковка, а также многочисленными распадками, в основном, на территории городской застройки.

До настоящего времени в бухту ежегодно сбрасывается свыше 14 млн м³ сточных вод, из них более 9 млн м³ – без очистки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные морфометрические и гидрографические характеристики бухты Золотой Рог представлены в табл. 1.



Рис. 1. Северная часть залива Петра Великого с направлением преобладающих течений в теплый период года в Уссурийском и Амурском заливах.



Рис. 2. Гидравлическая связь бухта Золотой Рог с другими заливами через пролив Босфор Восточный (Источник фотографии: gelio.Livejournal.com – Золотой Рог с высоты).

Табл. 1. Морфометрические и гидрографические характеристики бухты Золотой Рог

Площадь бассейна, км ²	Длина водораздела, км	Длина береговой линии, км	Объем бухты, млн. м ³	Площадь зеркала, км ²	Максимальная глубина, м
23,5	30,8	15,2	71, 178	5,1	27

Водообмен бухты с водами пролива Босфор-Восточный осуществляется во время приливно-отливных явлений; коэффициент водообмена определен равным $\approx 11,3$.

Регулярные наблюдения за состоянием вод бухты осуществляются Приморгидрометом на 5 станциях (рис. 3), в период с мая по октябрь, с периодичностью 3 срока в год.

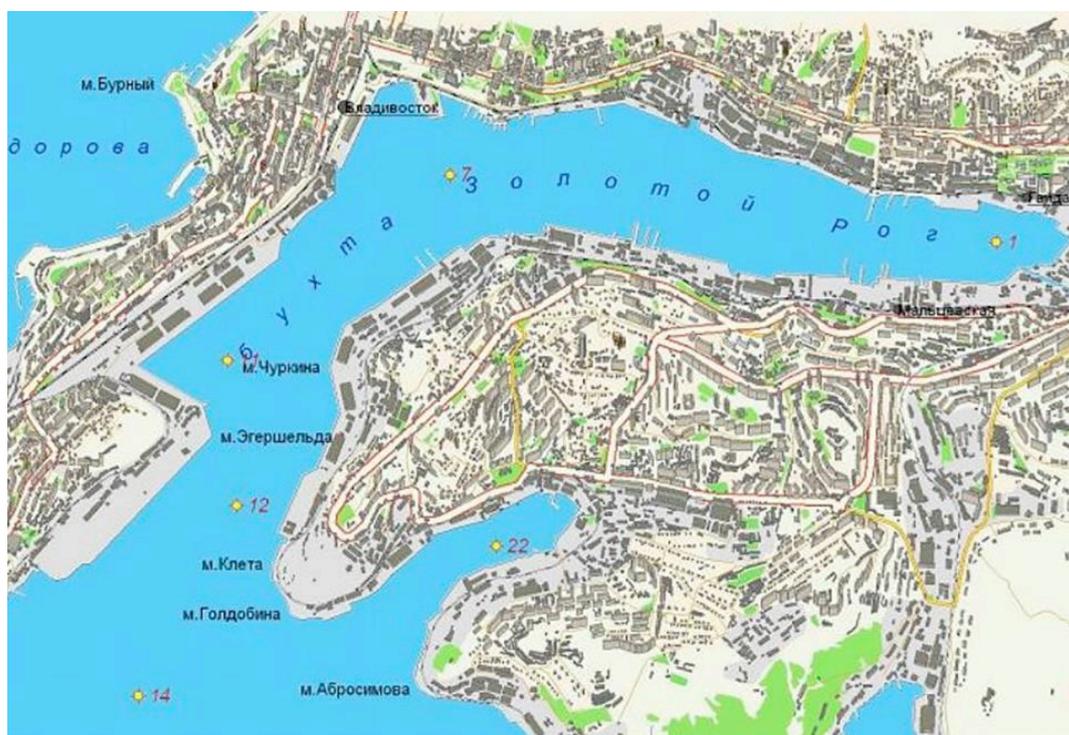


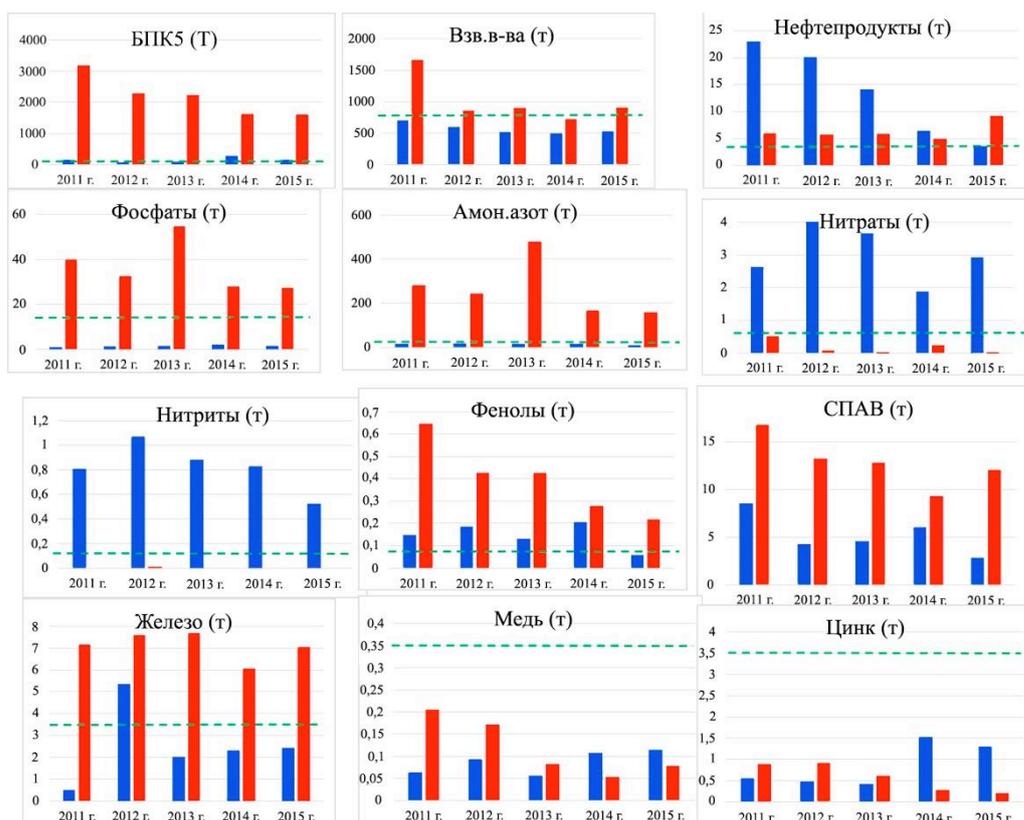
Рис. 3. Расположение станций Приморгидромета в бухте Золотой Рог.

С начала образования порта Владивосток до настоящего времени произошла существенная трансформация морфометрических характеристик бухты: площадь бухты уменьшилась на 19 %; объем – на 5 %; средняя глубина, за счет изъятия мелководных прибрежных участков, увеличилась на 1,4 м. Строительство причалов в районе ее береговой полосы и части акватории причальных сооружений привело к ухудшению водообмена вдоль береговой линии. Бухта и впадающие в нее река Объяснения и ручей Буяковка стали приемниками сточных вод предприятий и ливневых вод с урбанизированной территории [4, 5]. Это привело к значительному загрязнению вод и донных отложений бухты. Забор воды из Уссурийского залива для охлаждения агрегатов Владивостокской ТЭЦ-2 и отведение ее в реку Объяснения в объеме 206,6 млн м³ в год увеличил водообмен бухты Золотой Рог с 0,3:1 до 3,2:1.

В настоящее время основными видами воздействия на акваторию бухты являются:

- организованный сброс хозяйственно-бытовых стоков;
- организованный сброс производственных стоков промышленных предприятий;
- организованный сброс поверхностного стока (ливневая канализация);
- неорганизованный сброс поверхностного стока (с территорий, не охваченных системой ливневой канализации);
- впадающие в бухту река Объяснения с притоком зарегулированного ручья Буяковка;
- деятельность гражданского транспорта и военно-морских судов;
- строительство причальных стенок и пирсов.

Сравнение масс загрязняющих веществ, поступающих в бухту, по данным Госстатотчетности по форме 2-ТП (водхоз), с данными наблюдений Приморгидромета за многолетний период (рис. 4 и табл. 2) показывает превышение массы сброса над фактическим количеством ЗВ в бухте по большинству ингредиентов.



Примечание: синим цветом выделено – масса ЗВ в бухте; оранжевым – масса ЗВ, сбрасываемая в бухту со сточными водами за год по данным 2ТП (водхоз); пунктир (зеленый цвет) – допустимая масса ЗВ в воде бухты

Рис. 4. Динамика масс ЗВ, поступающих в бухту Золотой Рог и масс ЗВ, зафиксированных в бухте в сроки наблюдений Приморгидрометом.

Табл. 2. Сравнение массы ЗВ в воде б. Золотой Рог (по данным Приморгидромета) с массой их сброса в бухту по данным 2-ТП (водхоз)

Допустимая масса загрязняющего вещества, т	2013 г.		2014 г.		2015 г.	
	Содержание в бухте*	2-ТП (водхоз), т	Содержание в бухте*	2-ТП (водхоз), т	Содержание в бухте*	2-ТП (водхоз), т
БПК₅						
145,3	1,31/93,2	2235,3	3,89/276,9	1633,1	2,15/153,0	1611,6
Взвешенные вещества						
711,8	7,3/519,6	895,0	7,0/498,2	727,7	7,4/526,7	909,7т
Нефтепродукты						
3,6	0,198/14,1	5,8	0,09/6,4	5,0	0,05/3,6	9,3
Фосфаты						
14,2	23,8/1,7	54,7	30,7/2,185	27,9	23 /1,6	27,4
Азот аммонийный						
28,5	228/16,3	479,0	217 /15,4	167,9	140 /10,0	159,6
Азот нитратный						
640,6	51,3/3,6	0,02	26,4/1,9	0,02	41,0/2,9	0,03
Азот нитритный						
1,4	12,4/0,9	0,01	11,7 /0,8	0,07	7,4 /0,5	0,02
Фенолы						
0,07	1,85 /0,1	0,42	2,9 /0,2	0,3	0,8 /0,06	0,02

Допустимая масса загрязняющего вещества, т	2013 г.		2014 г.		2015 г.	
	Содержание в бухте*	2-ТП (водхоз), т	Содержание в бухте*	2-ТП (водхоз), т	Содержание в бухте*	2-ТП (водхоз), т
СПАВ						
35,6	64/4,6	12,8	85 / 6,1	9,2	40 / 2,8	12,1
Железо растворенное						
3,6	28,2/2,0	7,7т	32,6/2,3	6,1	34/2,4	7,0
Медь						
0,4	0,8 / 0.06	0,1	1,5/0,1	0.1	1,62/0,1	0.08
Цинк						
3,6	6,0 / 0,4	0,6	21,4/1,5	0,3	18,2/1,3	0,21
Свинец						
0,7	0,21/0,1	0,0	0,5 / 0,04	0,0	0,24/0,02	0,0

Примечание: * В числителе концентрация ЗВ в мкг/дм³, в знаменателе – масса ЗВ в тоннах.

Например, согласно данным Госстатотчетности по форме 2-ТП (Водхоз) [6], в бухту Золотой Рог в 2015 г. было отведено 1611,6 т органических веществ (по БПК₅), 909,7 т взвешенных веществ, 159,6 т аммонийного азота (табл. 2). В то же время, среднее фактическое содержание в воде бухты указанных ингредиентов, рассчитанное с учетом их концентраций и объема бухты, значительно меньше масс веществ, поступающих в бухту со сточными водами в течение этого года соответственно в 10,5; 1,7; 16 раз, что указывает на определенную способность водной среды данного водного объекта к самоочищению и восстановлению. Аналогичное соотношение масс сброса и содержания в воде бухты рассматриваемых веществ отмечается во все годы наблюдений, что свидетельствует о способности данного водного объекта к процессам самоочищения в течение длительного периода. Исключение составляют нитраты, нитриты и нефтепродукты.

Бухта Золотой Рог относится к 1-й категории рыбохозяйственной значимости, поэтому за норматив качества для данного водного объекта принят ПДК_{рх}.

Согласно данным табл. 3, максимальные значения концентрации находящихся в воде водного объекта веществ наблюдаются в его кутовой части. Здесь же отмечается и максимальная масса сброса большей части загрязняющих ингредиентов. По мере продвижения от выхода из бухты к корневой ее части (по участкам на рис. 5) концентрации рассматриваемых веществ снижаются.



Рис. 5. Расчетные участки б. Золотой Рог и выпуски сточных вод.

В корневой части бухты концентрация тяжелых металлов, органического азота в воде существенно уменьшается, а концентрация растворенного кислорода увеличивается (табл. 4 и 5), что свидетельствует о процессах разбавления и самоочищения водной среды бухты.

Табл. 4. Содержание органического азота в воде б. Золотой Рог, 2015 г.

№ участка	Средняя концентрация (мкг/дм ³)			Средняя за 3 срока	Объем участка, млн м ³	Масса вещества, т
	1 срок (18 мая)	2 срок (5 июля)	3 срок (10–11 октября)			
Точка № 1	1 743	1 348,5	935,0	1342,17	7,68	10,308
Точка № 2	1 718,5	726,5	641,5	1028,83	20,58	21,173
Точка № 3	1238,33	752,67	711,33	900,78	12,054	10,858
Точка № 4	868,67	639,67	498,0	668,78	15,876	10,618
Точка № 5	962,33	633,0	561,0	718,78	28,086	20,188

Табл. 5. Содержание растворенного кислорода в воде б. Золотой Рог, 2015 г.

№ участка	Средняя концентрация (мг/дм ³)			Средняя за 3 срока
	1 срок (18 мая)	2 срок (5 июля)	3 срок (10-11 октября)	
Точка № 1	7,145	7,105	5,095	6,448
Точка № 2	9,215	11,015	7,565	9,265
Точка № 3	10,1	8,82	8,447	9,136
Точка № 4	10,34	8,18	8,607	9,042
Точка № 5	10,44	8,397	8,91	9,249

Согласно [7–8], основными путями удаления ЗВ, определяющими способность водного объекта к самоочищению морских экосистем, являются гидродинамический перенос, физико-химическая и биохимическая трансформация и депонирование в донные отложения.

Одним из важнейших факторов самоочищения и разбавления вод бухты Золотой Рог являются приливно-отливные течения, а также поступление воды в бухту из Уссурийского залива для охлаждения агрегатов Владивостокской ТЭЦ-2 рекой Объяснения, что (как было отмечено выше) на порядок увеличило водообмен бухты.

Расход приливо-отливных течений изменяется по длине бухты – от максимального значения во входной (корневой) части до минимального в его кутовой части. В результате воздействия этих вод в кутовой части бухты образовалась зона, в которой водообмен с открытой частью Амурского залива практически отсутствует, а состав качества воды в этой зоне полностью определяется составом притекающей из р. Объяснения воды и, возможно, имеющими место здесь процессами седиментации.

Приливы в этом районе залива Петра Великого являются полусуточными неправильными (отсутствует либо незначительна вторая большая вода), средняя амплитуда его равна 0,2 м.

Самоочищение открытых водоемов, помимо приливно-отливных процессов, протекает также под влиянием разнообразных природных факторов, которые действуют одновременно в различных сочетаниях [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Отмеченное в таблице 2 резкое снижение органических веществ в воде бухты Золотой Рог можно объяснить не только разбавлением, но и процессами их минерализации (за счет аммонификации, нитрификации и денитрификации), происходящими в толще воды, а также потреблением фитопланктоном в процессе фотосинтеза [9–11].

Перечисленными выше процессами можно объяснить и накопление в воде бухты нитратной и нитритной форм азота, присутствующие в водах бухты, несмотря на отсутствие (по данным Госстатотчетности по форме 2-ТП (водхоз) их сброса со сточными водами (табл. 2).

Данный факт связан, скорее всего, с присутствием в воде значительного количества органического азота (табл. 3), растворенного кислорода (табл. 4) и интенсивно происходящими процессами минерализации органики (в том числе и органического азота (аммонификация, нитрификация).

На последующих участках акватории, в связи с уменьшением в воде концентрации органического азота (исходного материала для процессов нитрификации), снижается и концентрация нитратного азота.

То, что фактические массы нефтепродуктов, свинца на отдельных участках акватории в воде бухты значительно превышают массы перечисленных веществ, поступающих со сточными водами (табл. 2), объясняется, скорее всего, либо поступлением некоторых из них из других источников (например, нефтепродуктов с судов или нефтебаз), либо их природным происхождением (железо, медь, цинк).

Таким образом, бухта Золотой Рог в настоящее время еще сохраняет способность к самоочищению.

В то же время необходимо помнить, что процесс самоочищения у водоемов не безграничен – при сильном и постоянном загрязнении самоочищение воды становится недостаточным. Это часто наблюдается при бесконтрольном выпуске хозяйственно-фекальных и промышленных сточных вод в водоемы, что вызывает значительное скопление гниющего ила, появление токсических химических соединений, развитие полисапробной флоры и мор рыбы [8]. Данные процессы характерны для кутовой части бухты Золотой Рог, принимающей неочищенные хозяйственно-бытовые и производственные стоки.

Используя методологические подходы, разработанные в ДальНИИВХ (балансовые модели при наличии и недостаточности гидрохимических и других исходных данных) [12], а также расчет $НДВ_{хим}$ с учетом характеристик предельно допустимого насыщения сточных вод, выполнен расчет нормативов допустимого воздействия ($НДВ_{хим}$) на бухту Золотой Рог и Амурский Залив. В соответствии с формулировкой понятия $НДВ_{хими}$, его величина выражена в форме:

$$НДВ_{хими} = (C_n - C_{\phi})_i \cdot V,$$

где C_n – нормативы качества воды для морских вод; C_{ϕ} – фактическая концентрация загрязняющего вещества (ЗВ) – средняя по акватории бухты за расчетный период; V – объем бухты. Для веществ двойного генезиса за нормативы качества воды приняты предельно допустимые концентрации химических веществ, определенные с учетом регионального естественного (условно естественного) гидрохимического фона.

Нормативный показатель качества воды C_n определялся следующим образом: при $C_{фон} \geq ПДК_{рх}$, $C_n = C_{фон}$; при $C_{фон} \leq ПДК_{рх}$, $C_n = C_{ПДКрх}$.

Для бухты Золотой Рог выявлен следующий перечень приоритетных ингредиентов, влияющих на экологическое состояние бухты, приносимых со сточными водами предприятий, с ливневыми и талыми сточными водами. К ним относятся девять ЗВ: легко окисляемые органические вещества; взвешенные вещества, нефтепродукты, фосфаты, аммонийный азот, фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), железо, жиры. Для реки Обьяснения, кроме перечисленных выше веществ, добавляются еще и нитриты. Наибольшее негативное воздействие на качество вод и гидробионты бухты в ливневом стоке оказывают пять ингредиентов: легкоокисляемые органические и взвешенные вещества, нефтепродукты, фенолы и железо.

Для Амурского залива к нормируемым отнесены фенолы, железо и СПАВ.

В процессе изучения загрязнения морских вод и вопроса их ассимиляционной емкости, изложенных в работах Ю.А. Израэля и других исследователей [7, 13–15], ДальНИИВХ был

рассмотрен следующий подход к расчету $\bar{HDB}_{хим}$ с учетом ассимиляционной емкости (AE_i).

В самом общем виде приращение массы i -го загрязняющего вещества (ЗВ) в бухте или на участке морской акватории за расчетный период времени Δt можно записать в виде следующего балансового уравнения:

$$\Delta M_i = M_{i\ t+\Delta t} - M_{i\ t}, \quad (1)$$

где ΔM_i – приращение массы i -го загрязняющего вещества за время Δt ;

$M_{i\ t+\Delta t}$ – масса вещества на момент $t+\Delta t$, ($M_{i\ t+\Delta t} = C_{i\ t+\Delta t} * V$);

$M_{i\ t}$ – масса вещества на начало расчетного периода t , ($M_{i\ t} = C_{i\ t} * V$).

Здесь $C_{i\ t}$ и $C_{i\ t+\Delta t}$ – средние по акватории концентрации веществ в воде на указанные моменты времени (t ; $t+\Delta t$); V – объем акватории (m^3).

То есть,

$$\Delta M_i = C_{i\ t+\Delta t} * V - C_{i\ t} * V = (C_{i\ t+\Delta t} - C_{i\ t}) * V \quad (2)$$

Приращение массы i -го загрязняющего вещества ΔM_i за время Δt можно представить также в виде следующего балансового уравнения:

$$\Delta M_i = (M_{ст} + M_{л} + M_{д} + M_{р} + M_{н} + M_{тр} + M_{гв} + M_{а}) - (M'_{тр} + M'_{гв} + M_{рб} + M_{рх}), \quad (3)$$

где $M_{ст}$ – поступление вещества с контролируемым сбросом производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод;

$M_{л}$ – поступление вещества с контролируемым сбросом ливневых вод с предприятий;

$M_{д}$ – поступление вещества с водосбора за счет диффузного (неорганизованного) сброса;

$M_{р}$ – поступление вещества с речным стоком;

$M_{н}$ – поступление вещества за счет неконтролируемого сброса в акватории залива с судов, пирсов, эстакад и пр.

$M_{тр}$ и $M'_{тр}$ – соответственно приток и вынос вещества за счет водообмена бухты с прилегающей акваторией моря (приливно-отливные и транзитные течения);

$M_{гв}$ и $M'_{гв}$ – соответственно поступление и вынос вещества за счет внутриводоемных процессов массообмена на границе грунт – вода;

$M_{а}$ – поступление вещества на границе фаз вода–атмосфера.

$M_{рб}$ – уменьшение содержания загрязняющего вещества в результате биохимического разложения;

$M_{рх}$ – уменьшение содержания загрязняющего вещества в результате химического разложения.

Каждое слагаемое уравнения баланса (3) требует специальных наблюдений и расчетов, из которых только часть может быть определена надежно. В уравнении (3) слагаемые первой скобки представляют собой суммарный приход массы ЗВ на акваторию извне (обозначим ее как $M_{i\Delta t}$); слагаемые второй скобки представляют собой ассимиляционную емкость (AE_i), обусловленную процессами гидродинамики, микробиологического окисления органических загрязняющих веществ и биоседimentацией.

$$\text{Тогда } \Delta M_i = M_{i\Delta t} - AE_{i\Delta t} = C_{i\ t+\Delta t} * V - C_{i\ t} * V \quad (4)$$

$$\text{Отсюда } AE_{i\Delta t} = C_{i\ t} * V + M_{i\Delta t} - C_{i\ t+\Delta t} * V \quad (5)$$

Из литературных источников следует, что для определения ассимиляционной емкости, включающей в себя последствия всех происходящих в морской среде физических, химических и биологических процессов, требуются широкие многолетние стационарные наблюдения.

Слагаемые правой части уравнения (5) при наличии наблюдений за загрязнением воды в акватории бухты [16–17] и выпадающих в нее водотоков (р. Объяснения и с притоком ручья Буйковка), а также сведений о сбросах сточных и ливневых вод (таблицы 2ТП-(водхоз) [18]), определяются без особых затруднений. Имея такие данные в определенные сроки, можно оценить общую (интегральную) величину ассимиляционной емкости в период между сроками и использовать их для оценки $НДВ_{хим}$ в этот же период.

ВЫВОДЫ

Поскольку ассимиляционная емкость является определенным резервом морской экосистемы, для объективной оценки экологического состояния водного объекта ее следует включать в формулу расчета $НДВ_{хим}$, принятую в соответствии с формулировкой понятия $НДВ_{хим}$ в [2], а именно:

$$НДВ_{хим i} = (ПДК_{рх} - C_{факт})_i \cdot V, \quad (6)$$

или:

$$\begin{aligned} НДВ_{хим i} &= ПДК_{рх i} \cdot V - M_{i t + \Delta t} = ПДК_{рх i} \cdot V - (M_{i t} + M_{i \Delta t} - AE_{i \Delta t}) = ПДК_{рх i} \cdot V - M_{i t} - M_{i \Delta t} + AE_{i \Delta t} = \\ &= ПДК_{рх i} \cdot V - C_{i t} \cdot V - M_{i \Delta t} + AE_{i \Delta t} \\ НДВ_{хим i} &= ПДК_{рх i} \cdot V + AE_{i \Delta t} - C_{i t} \cdot V - M_{i \Delta t} \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь вместо предельно допустимой концентрации $ПДК_{рх}$ можно использовать фоновую концентрация загрязняющих веществ – $C_{фон}$ (местную или региональную), тогда

$$НДВ_{хим i} = C_{i фон} \cdot V + AE_{i \Delta t} - C_{i t} \cdot V - M_{i \Delta t} \quad (8)$$

Если $C_{i t}$ окажется равной $ПДК_{рх}$ или $C_{i фон}$, тогда $НДВ_{хим}$ будет равна $AE_{i \Delta t} - M_{i \Delta t}$.

Предлагаемый подход к расчету $AE_{i \Delta t}$ (формула 5) требует, по крайней мере, 2–3 года учащенных наблюдений, включая все сезоны года, с тем чтобы оценить суточное или среднесезонные и годовые значения $AE_{i \Delta t}$.

В результате выполненных расчетов выявлено, что из рассмотренных в табл. 1 ингредиентов нормированию, за счет имевшей место достаточно высокой ассимиляционной емкости бухты Золотой Рог, подлежат лишь 3 (нефтепродукты, фенолы и аммонийный азот).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О свободном порте Владивосток» от 13.07.2015 № 212-ФЗ.
2. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты и методика «Расчет нормативов допустимого воздействия по привносу химических веществ (НДВхим)». М.: МПР РФ, 2007. 46 с.
3. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Утв. Приказом МПР РФ от 17 декабря 2007 года N 333.
4. *Бортин Н.Н.* Последствия антропогенного воздействия на бухту Золотой Рог и ее водосборную территорию. Сб. докладов XI Международного экологического форума «Природа без границ» 30-31 октября 2017 г., г. Владивосток, с. 59-61.
5. *Бортин Н.Н., Крапивенцев Н.В., Горчаков А.М., Белевцов А.А., Дьяченко К.Н.* Река Объяснения как источник загрязнения бухты Золотой Рог. Сб. мат-лов XIV международного научно-практического симпозиума «Чистая вода России», 18–20 апреля 2017 г., г. Екатеринбург. С. 205–211.
6. Обобщенные показатели использования воды по форме № 2-ТП (водхоз) за 2015 год по зоне деятельности Отдела водных ресурсов по Приморскому краю. Владивосток: Федеральное агентство водных ресурсов РФ, АБВУ, 2016.
7. *Совга Е.Е., Мезенцева И.В.* Методические аспекты оценок самоочистительной способности морских мелководных экосистем (заливов, бухт, портов). Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2017. №3. С. 57–68.

8. Самоочищение воды // <http://ru-ecology.info/term/55167/>.
9. Превращения азотсодержащих веществ <http://poznayka.org/s103864t1.html>.
10. Основные тенденции изменения гидрохимических показателей водной экосистемы Кольского залива.
11. Аммонийный азот // <http://www.oceanography.ru/esimo/union/kasp/Hydrochemistry/Pollution/metodhtml/ammon/ammon.htm>.
12. *Бортин Н.Н., Милаев В.М., Горчаков А.М.* Обоснование научно-методических подходов к определению нормативов допустимых воздействий на прибрежные морские акватории. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 6. С.86–95.
13. *Израэль Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды. М.: ГМ, 1984. 560 с.
14. *Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. Л.: ГМ, 1989. 528 с.
15. *Израэль Ю.А., Цыбань А.В., Вентцель М.В., Шигаев В.В.* Обобщенная модель ассимиляционной емкости морской экосистемы. ДАН СССР, 1988. Т. 298. С. 459–462.
16. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодникб 2014-2017 г. Обнинск: Артифекс.
17. Доклады Администрации Приморского края об экологической ситуации в Приморском крае в 2010-2017 гг. Владивосток, 2015 г.
18. Обобщенные показатели использования воды по форме № 2-ТП (водхоз) за 2016 год по зоне деятельности Отдела водных ресурсов по Приморскому краю. Владивосток: Федеральное агентство водных ресурсов РФ, АБВУ, 2015-2017.