

ЧИСТАЯ ВОДА РОССИИ

XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
СИМПОЗИУМ И ВЫСТАВКА

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

17–20 мая 2021 года
г. Екатеринбург



**XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ
И ВЫСТАВКА
«ЧИСТАЯ ВОДА РОССИИ-2021»**

17-20 МАЯ 2021 ГОДА

Г. ЕКАТЕРИНБУРГ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XVI INTERNATIONAL SCIENTIFIC/PRACTICAL SYMPOSIUM AND
EXHIBITION**

«CLEAN WATER OF RUSSIA – 2021»

MAY 17-20, 2021

EKATERINBURG

PROCEEDING

УДК 502.656

Ч 68

В сборнике представлены научные статьи и тезисы докладов XVI Международного научно-практического симпозиума и выставки «Чистая вода России–2021» по актуальной теме – совершенствование нормативно правового и методического обеспечения государственного управления водохозяйственной деятельностью, а также работы, посвященные развитию методологии экологического нормирования состояния водных объектов, вопросам безопасного водопользования, контролю качества воды, оценке и управлению рисками для здоровья населения, роли экологического просвещения и образования в сфере охраны водной среды.

Редколлегия:

Морозов М.Г., Валек Н.А., Крылова Е.И., Кочев А.Б.

Editorial Board:

Morozov M.G., Valek N.A., Krylova E.I., Kochev A.B.

НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

REGULATORY/LEGAL BASE AND METHODOICAL 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 относится девять загрязняющих веществ (ЗВ): легко окисляемые органические вещества, взвешенные вещества, нефтепродукты, фосфаты, аммонийный азот, фенолы, СПАВ, железо и жиры. Для реки Обьяснения, 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 Обьяснения 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.



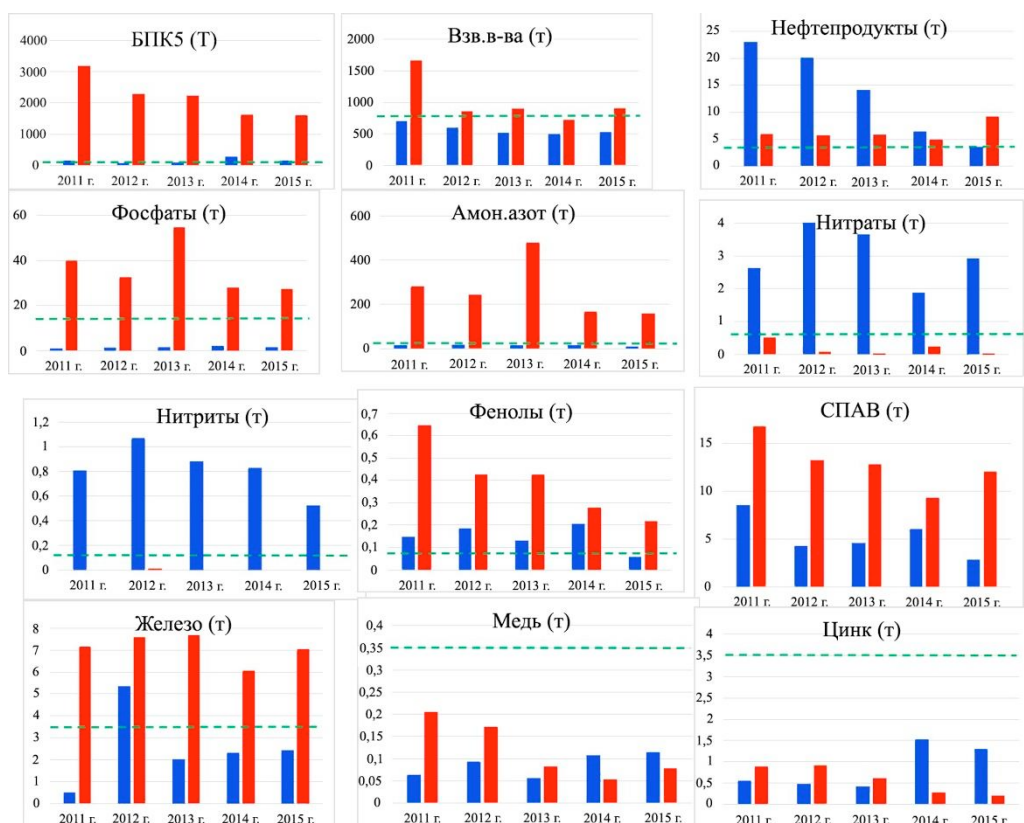
Рис. 3. Расположение станций Приморгидромета в бухте Золотой Рог.

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 Обьяснения 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 Обьяснения 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 Обьяснения 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
БПК ₅						
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 Обьяснения, 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. Обьяснения 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:

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

где C_n – нормативы качества воды для морских вод; $C_{ф}$ – 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_t).

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 ($м^3$).

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 впадающих в нее водотоков (р. Объяснения и с притоком ручья Бужовка), 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:

$$\text{НДВ}_{\text{хим}i} = (\text{ПДК}_{\text{рх}} - C_{\text{факт}})_i \cdot V, \quad (6)$$

или:

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

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

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

Если C_{i t} окажется равной ПДК_{рх} или C_{i фон}, тогда НДВ_{хим} будет равна AE_i - M_{i Δt}.

Предлагаемый подход к расчету AE_i (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.

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 (НДВ_{хим})». 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: Арטיפекс.
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.

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИБРЕЖНЫЕ
МОРСКИЕ АКВАТОРИИ
(НА ПРИМЕРЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ)**

Бортин Н.Н., Дьяченко К.Н., Зверев А.В., Спесивцева Е.Е.

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

Ключевые слова: прибрежные морские акватории, мелководные зоны, дноуглубительные работы, водные биоресурсы, ущербы.

Акватории мелководных бухт и заливов испытывают негативную антропогенную нагрузку при строительстве портовых сооружений. При этом возникает проблема защиты морских экосистем. В связи с этим особую актуальность приобретает оценка экологической безопасности принимаемых решений по выбору акватории для размещения портов в морской мелководной зоне.

**ASSESSMENT OF THE PORT FACILITIES IMPACT UPON OFFSHORE SEA WATER
AREAS (THE PETER THE GREAT BAY OF THE SEA OF JAPAN AS A STUDY CASE)**

Bortin N.N., Dyachenko K.N., Zverev A.V., Spesivtseva E.E.

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

Keywords: offshore nabal water areas, shallow-water zones, dredging, water bioresources, damage.

Water areas od shallow bays and gulfs experience negative anthropogenous load in the process of any port facilities construction. At that the issue of the sea ecosystems protection arises. In this connection assessment of environmental safety of the taken decisions oncerning the choice of water area for location of ports in offshore shallow zone becomes very relevant and important.

Для решения данной проблемы авторами предлагается оценка воздействия портовых сооружений на прибрежные морские акватории, которая основана на принципе зонирования акваторий портов и поднятии мелководной зоны морских водных объектов с определением ее границ. Оценка проводится по разработанным критериям в виде пяти степеней воздействия дноуглубительных работ в акватории порта, позволяющих определить соответствующие характеристики условий по размещению портовых сооружений в мелководной зоне прибрежной морской акватории.

Характерной чертой современной экологической ситуации в прибрежной зоне морских водных объектов является совпадение (пересечение) областей повышенной биопродуктивности морских акваторий с районами наиболее сильного антропогенного воздействия, которое включает, в том числе, строительство портовых сооружений для обеспечения безопасного и быстрого процесса погрузо-разгрузочных работ.

Главное преимущество водного транспорта – способность перевозить большой объем грузов по сравнению с другими видами транспорта. При этом используются суда с осадкой 12–17 м, которым требуются глубины в диапазоне 15–20 м и более. В мировой практике большие глубины в мелководных зонах обеспечиваются производством дноуглубительных работ, которые оказывают непосредственное воздействие на морские экосистемы в виде уничтожения бентосных форм, гибели и угнетении планктона, вытеснения рыб с места их обитания, потери кормовой базы и мест нагула [1, 2, 3].

Таким образом, при строительстве портовых сооружений в результате производства дноуглубительных работ возникает проблема защиты морских экосистем, для решения которой особую актуальность приобретает оценка экологической безопасности принимаемых решений по выбору акватории для размещения портов в морской мелководной зоне.

Портовые сооружения предназначены для обеспечения безопасного и быстрого процесса погрузки – выгрузки грузов и комплексного обслуживания современных и перспективных транспортных судов, отвечающих условиям прогрессивных способов перевозок на морском транспорте. При этом они должны обеспечивать заданную пропускную способность порта (грузооборот), возможность развития порта, экологическую безопасность и экономическую целесообразность размещения порта [4].

По схеме вертикальной зональности (биогеографии) богатство морского бентоса максимально до глубины 25 м. Интервал глубин от 0 до 20 м в соответствии с этой схемой от литорали до верхней границы сублиторали относится к прибрежному мелководью [5].

Ихтиопланктонные исследования в заливе Петра Великого показали, что наибольшее видовое разнообразие характерно для биотопа мелководной прибрежной зоны с глубиной до 20 м. Икра и личинки морских рыб, нерест которых протекает в мористых районах залива, также заносятся течением в это прибрежное мелководье [6]. Поэтому границей мелководной зоны в акватории залива Петра Великого принимается изобата 20 м.

Акватория порта технологически делится на зоны [7]:

- зона расположения берегоукрепительных сооружений;
- зона расположения причальных сооружений;
- операционная зона причальных сооружений;
- разворотная зона;
- входная зона.

Зоны в акватории порта располагаются последовательно от берега в сторону открытого моря. Поэтому при естественных условиях зона расположения берегоукрепительных сооружений имеет минимальную глубину, а входная зона – максимальную глубину в акватории порта.

Одной из главных характеристик акватории порта является проектная глубина, которая зависит от осадки расчетного судна. При эксплуатации порта проектная глубина должна обеспечиваться во всех зонах маневрирования акватории порта (операционной зоне причальных сооружений, разворотной зоне, входной зоне).

Если проектная глубина будет больше естественной глубины во входной зоне, то возникнет необходимость проведения дноуглубительных работ суммарно во всех зонах.

Чем больше площадь дна акватории, на которой производятся дноуглубительные работы, тем степень негативного воздействия на водные биоресурсы выше. Этот принцип заложен в Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам [8].

В результате анализа зонирования акваторий портов залива Петра Великого и принципов, заложенных в методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам, ДальНИИВХ предлагается оценка воздействия портовых сооружений на прибрежные морские акватории при производстве дноуглубительных работ (табл. 1).

Для оценки степени воздействия портовых сооружений составляется план-схема акватории порта и определяются границы зон маневрирования расчетного судна.

Ниже описаны возможные случаи воздействия портовых сооружений при производстве дноуглубительных работ в акваториях морских портов.

Случай 1. Дноуглубительные работы проводятся в зоне берегоукрепительных сооружений (СБУ). В этом случае, в соответствии с табл. 1, степень воздействия дноуглубительных работ в акватории порта минимальная, а условия по размещению порта в мелководной зоне прибрежной морской акватории – благоприятные.

Табл. 1. Оценка степени воздействия дноуглубительных работ на мелководные зоны морской акватории при строительстве портовых сооружений в заливе Петра Великого

№ пп	Степень воздействия дноуглубитель- ных работ в акватории порта	Площадь проведения дноуглубительных работ в зонах акватории порта, м ²	Размер вреда водным биоресурсам при производстве дноуглубительных работ в зонах акватории порта, кг	Характеристика условий (батиметрических) по размещению порта в мелководной зоне прибрежной морской акватории
1	Минимальная	$S_{БУ}$	$N_{БУ}$	Благоприятные
2	Малая	$S_{ПБ}$	$N_{ПБ}$	Хорошие
3	Средняя	$S_{ОП}$	$N_{ОП}$	Удовлетворительные
4	Большая	$S_{РО}$	$N_{РО}$	Допустимые
5	Максимальная	$S_{ВР}$	$N_{ВР}$	Недопустимые

Случай 2. Дноуглубительные работы проводятся в двух зонах: зоне расположения берегоукрепительных сооружений $S_{БУ}$ и зоне расположения причальных сооружений $S_{ПС}$. В этом случае площадь дноуглубительных работ $S_{ПБ}$ определяется по формуле:

$$S_{ПБ} = S_{БУ} + S_{ПС} \quad (1)$$

В соответствии с табл. 1 при $S_{ПБ}$ степень воздействия дноуглубительных работ в акватории порта малая, а условия по размещению порта в мелководной зоне прибрежной акватории хорошие.

Случай 3. Дноуглубительные работы проводятся в трех зонах: зоне расположения берегоукрепительных сооружений $S_{БУ}$, зоне расположения причальных сооружений $S_{ПС}$ и акватории операционной зоны причальных сооружений $S_{ОЗ}$. Операционная акватория (зона) причала есть зона маневрирования, предназначенная для постановки судов к причалу и выполнения маневров, связанных со швартовкой и перестановкой судов, а также для постановки различных плавсредств к борту обрабатываемого судна. В этом случае площадь дноуглубительных работ $S_{ОП}$ определяется по формуле:

$$S_{ОП} = S_{БУ} + S_{ПС} + S_{ОЗ} \quad (2)$$

В соответствии с табл. 1 при $S_{ОП}$ степень воздействия дноуглубительных работ в акватории порта средняя, а условия по размещению порта в мелководной зоне прибрежной акватории удовлетворительные.

Случай 4. Дноуглубительные работы проводятся в четырех зонах: зоне расположения берегоукрепительных сооружений $S_{БУ}$, зоне расположения причальных сооружений $S_{ПС}$, операционной зоне причальных сооружений $S_{ОЗ}$ и акватории разворотной зоны $S_{РЗ}$. Разворотная зона есть зона маневрирования, непосредственно прилегающая к операционной акватории причалов и предназначенная для маневрирования при входе (выходе) в (из) нее. В этом случае площадь дноуглубительных работ $S_{РО}$ определяется по следующей формуле:

$$S_{РО} = S_{БУ} + S_{ПС} + S_{ОЗ} + S_{РЗ} \quad (3)$$

В соответствии с табл. 1 при $S_{РО}$ степень воздействия дноуглубительных работ в акватории порта большая, а условия по размещению порта в мелководной зоне прибрежной акватории допустимые.

Случай 5. Дноуглубительные работы проводятся в пяти зонах: зоне расположения берегоукрепительных сооружений $S_{БУ}$, зоне расположения причальных сооружений $S_{ПС}$, операционной зоне причальных сооружений $S_{ОЗ}$, акватории разворотной зоны $S_{РЗ}$ и входной

зоне акватории порта S_{B3} . В этом случае площадь дноуглубительных работ S_{BP} определяется по формуле:

$$S_{BP} = S_{БУ} + S_{ПС} + S_{ОЗ} + S_{РЗ} + S_{B3} \quad (4)$$

В соответствии с табл. 1 при S_{BP} степень воздействия дноуглубительных работ в акватории порта максимальная, а условия по размещению порта в мелководной зоне прибрежной морской акватории недопустимые.

В результате предлагаемой оценки определяются степень негативных воздействий при проведении дноуглубительных работ в акватории порта и соответствующая ей характеристика условий по размещению порта в мелководной зоне прибрежной морской акватории.

Каждая степень воздействия дноуглубительных работ в акватории порта соответствует фактическому размеру вреда (ущерба) водным биоресурсам, зависящему в основном от средней биомассы зообентоса ($г/м^3$) и площади дна акватории, где производятся дноуглубительные работы, которые при этом будут способствовать гибели донных организмов ($м^2$).

Размер вреда водным биоресурсам при производстве дноуглубительных работ в зонах акватории порта оценивается по «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» [8].

Предложенный выше метод оценки степени воздействия дноуглубительных работ на мелководные зоны морской акватории проиллюстрирован примером, в котором рассмотрены условия размещения портовых сооружений в акватории бухты Теляковского. Бухта Теляковского находится западнее Владивостока в Шкотовском районе в северной оконечности Уссурийского залива, между бухтами Муравьиная и Суходол (рис. 1). Она простирается от мыса Теляковского до мыса Азарьева. Побережье имеет низкие, песчаные пляжи. На северо-востоке в бухту впадает река Теляковского. В устье реки расположено озеро Круглое. Берега бухты низкие и песчаные, за исключением возвышенных участков, примыкающих непосредственно к входным мысам.



Рис. 1. Бухта Теляковского, северная часть Уссурийского залива.

Глубины в бухте Теляковского по направлению к ее берегам постепенно уменьшаются. Грунт в бухте – песок и галька. Бухта открыта южным и западным ветрам.

Ширина мелководной зоны бухты Теляковского равна 5700 м.

В настоящее время в бухте Теляковского начато строительство порта Суходол по перегрузке угля мощностью 20 млн т в год. Порт будет обслуживать суда с максимальным дедвейтом 125 тыс. тонн. В порту запланировано устройство трех причалов. Причалы №1 и №2 предназначены для отгрузки угля; причал №3 – для переработки универсальных грузов.

На рис. 2 показано строительство портовых сооружений в мелководной бухте Теляковского (порт Суходол). Дноуглубительные работы проводятся двумя самоотвозными трюмными землесосами до глубины 19 м. В естественных условиях изобата, равная 10 метров, проходит в акватории бухты около головной части пирса. Общая площадь производства дноуглубительных работ составляет более 1,5 км².



Рис. 2. Строительство портовых сооружений в мелководной зоне бухты Теляковского.

Характеристики причальных сооружений в бухте Теляковского (порт Суходол) приводятся в табл. 2.

Табл. 2. Характеристики причальных сооружений в бухте Теляковского (порт Суходол)

№ пп	Наименование объектов	Ед. изм.	Количество
1	Длина корневой части пирса	м	400
2	Ширина корневой части пирса:		
	- на участке от берега до причала №3	м	145
	- на участке расположения причала №3	м	115
3	Длина основной части пирса	м	540
4	Ширина основной части пирса	м	40
5	Длина причалов №1 и №2	м	450
6	Длина причалов №3	м	160
7	Общая длина пирса	м	940
8	Проектная глубина у причалов №1 и №2	м	19

Для оценки воздействия портовых сооружений акватория порта Суходол делится на следующие функциональные зоны (рис.3):

- зона расположения берегоукрепительных сооружений $S_{БУ}$;
- зона расположения причальных сооружений $S_{ПС}$;
- операционная зона причальных сооружений $S_{ОЗ}$;

- разворотная зона причальных сооружений $S_{PЗ}$;
- входная зона $S_{ВЗ}$.

В порту Суходол входной зоной $S_{ВЗ}$ является подходной канал.

Анализ батиметрических условий мелководной зоны бухты Теляковского показывает, что для обеспечения проектной глубины, равной 19 м, требуется проведение дноуглубительных работ во всех перечисленных выше пяти зонах: $S_{БУ}$, $S_{ПС}$, $S_{ОЗ}$, $S_{PЗ}$, $S_{ВЗ}$.

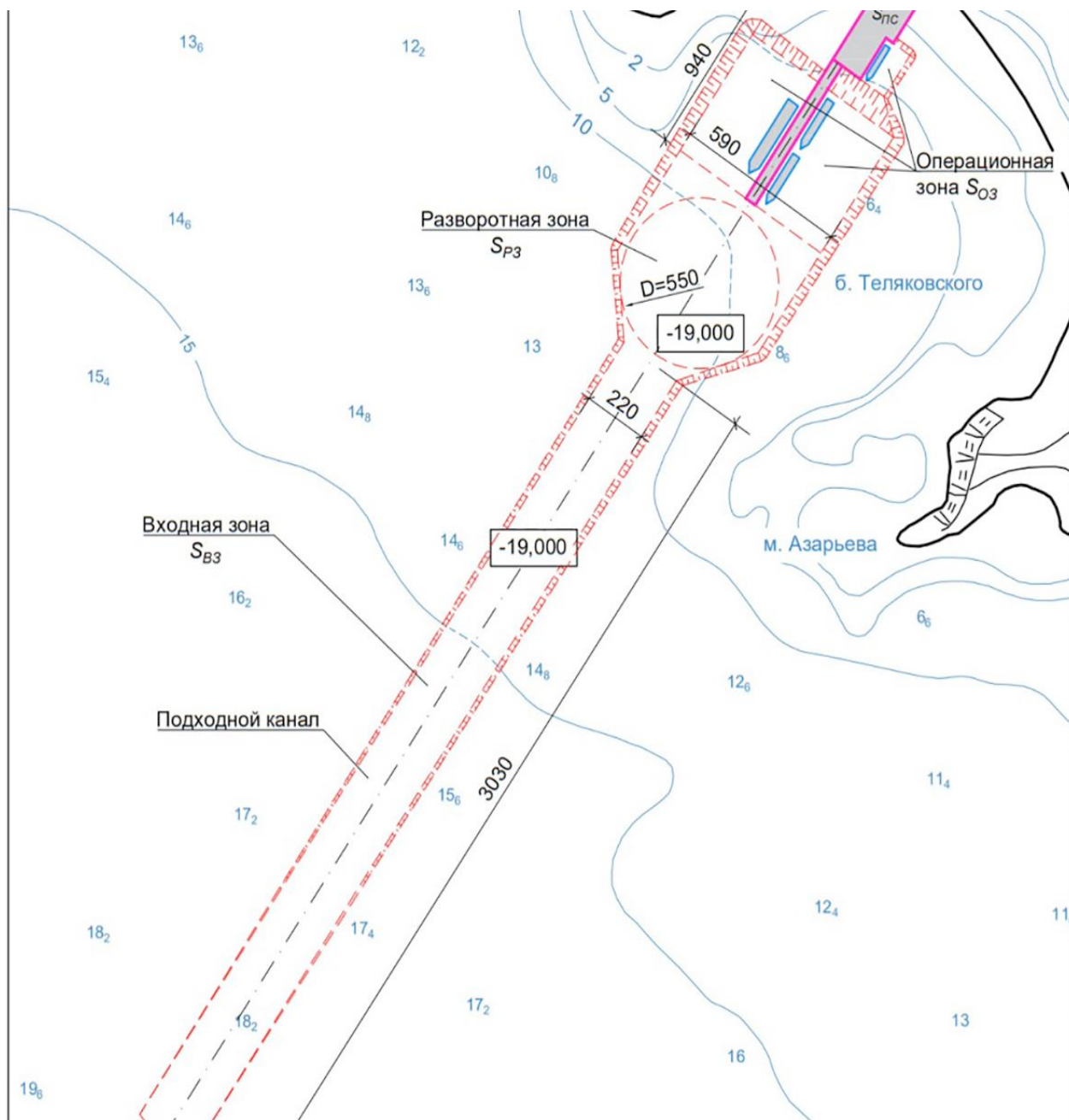


Рис. 3. Зоны акватории порта Суходол в бухте Теляковского.

В этом случае площадь дноуглубительных работ $S_{ВР}$ определяется по формуле (4).

В результате оценки воздействия портовых сооружений на прибрежные морские акватории было определено, что степень воздействия дноуглубительных работ в акватории порта Суходол максимальная, а условия по размещению порта недопустимые.

ВЫВОД

На основе анализа нормативно-методических документов и научной литературы предложена оценка воздействия портовых сооружений на прибрежные морские акватории, позволяющая классифицировать, в виде пяти степеней воздействия, негативный процесс производства дноуглубительных работ в акваториях портов и определять соответственно их характеристики условий по размещению портов в мелководной зоне морской прибрежной акватории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжков С.С., Брезкун Ю.Б. Влияние дноуглубительных работ на морские экосистемы //Электронный вестник. 2010. № 2. [Электронный ресурс] URL: https://docplayer.ru/60705626-Vliyanie-dnouglubitelnyh-rabot-na-morskie-ekosistemy.html/_2010/ (Дата обращения: 15.08.2020).
2. Балицкая Е.А. Оценка воздействия проектируемого объекта на водные биоресурсы// Pandia. [Электронный ресурс] URL: https://pandia.ru/text/80/125/11351.php/_2017/ (Дата обращения: 11.10.2020).
3. Царькова Н.С. Геоэкологический мониторинг дноуглубительных работ в морском торговом порту Усть-Луга: дисс. ... канд. геогр. наук: 25.00.36: утв.20.03.16. СПб, 2016. 264 с.
4. Свод правил "Нормы технологического проектирования морских портов" СП 350.1326000.2018. ОАО "Союзморниипроект". УТВЕРЖДЕН Приказом Министерства транспорта Российской Федерации (Минтранс России) от 1 марта 2018 г. № 75 и введен в действие с 1 сентября 2018 г. 214 с.
5. Краткие характеристики разных вертикальных зон – Вертикальная зональность – Биogeография морского бентоса – Биogeография бентали Мирового океана. [Электронный ресурс] URL: <https://compendium.su/biology/biogeography/126.html/2014/>. (Дата обращения 27.08.2019).
6. Экология ихтиопланктонных сообществ морского мелководья и эстуариев рек северной части залива Петра Великого. [Электронный ресурс] URL: http://www.dslib.net/ekologia/jekologija-ihytioplanktonnyh-soobwestv-morskogo-melkovodja-i-jestuariev-rek-severnoj.html/_2010/. (Дата обращения 05.05.2019).
7. Свод правил "Нормы проектирования морских каналов, фарватеров и зон маневрирования" СП 444.1326000.2019. ОАО "Союзморниипроект". Утв. приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 30 мая 2019 г. № 159 и введен в действие с 1 марта 2020 г. 2019. 108 с.
8. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам. Утверждена Федеральным агентством по рыболовству. Приказ Росрыболовства от 25 ноября 2011 г. № 1166. 75 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ОБЛАСТИ УЧЕТА СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ В ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Голод Ю.В., Дубенок С.А.

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: ylia-gold@mail.ru, dsnega@list.ru

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, системы водоотведения, прибор учета.

Условия формирования и учет сточных вод, отводимых в централизованные системы водоотведения (канализации) населенных пунктов и далее на коммунальные очистные сооружения, оказывают значительное влияние на расчет допустимой концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод. В статье рассматриваются методические и практические подходы к учету отдельных видов сточных вод, поступающих на коммунальные очистные сооружения.

IMPROVEMENT OF THE LEGISLATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE SPHERE OF ACCOUNTING OF WASTE WATERS SUPPLIED TO THE CENTRALIZED SEWERAGE SYSTEMS OF INHABITED LOCATIONS

Holad Y., Dubianok S.

RUE «Central Research Institute for Complex Use of Water Resources», Minsk, Belarus
e-mail: ylia-gold@mail.ru, dsnega@list.ru

Keywords: waste water, purification plant, sewerage systems, metering device.

The conditions for the formation and accounting of wastewater discharged to centralized wastewater disposal (sewerage) systems of settlements and further to municipal treatment facilities have a significant impact on the calculation of the permissible concentration of pollutants in the composition of wastewater. The article discusses methodological and practical approaches to accounting for certain types of wastewater entering municipal wastewater treatment plants.

Централизованные системы водоотведения (канализации) населенных пунктов Республики Беларусь находятся в балансовой принадлежности организаций водопроводно-канализационного хозяйства (далее – ВКХ) и организаций жилищно-коммунального хозяйства (далее – ЖКХ), которые, в свою очередь, являются объектами коммунальной собственности.

В централизованные системы водоотведения (канализации) населенных пунктов Республики Беларусь и далее на коммунальные очистные сооружения поступают все виды сточных вод: производственные, хозяйственно-бытовые, поверхностные. В национальном законодательстве закреплено понятие «городские сточные воды», которые представляют собой хозяйственно-бытовые или их смесь с производственными сточными водами и (или) поверхностными сточными водами, сбрасываемые в окружающую среду через систему канализации населенных пунктов [1].

В соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь [2] водопользователь обязан осуществлять учет сточных вод при их сбросе в окружающую среду. Учет осуществляется

как инструментальным методом, т.е. с применением средств измерений расхода (объема) воды, так и неинструментальным (расчетным) методом. Неинструментальным методом учет сточных вод может осуществляться в следующих случаях:

- при сбросе поверхностных сточных вод;
- при сбросе сточных вод в окружающую среду в объеме 5 м³/сут и менее;
- при добыче (изъятии) воды из водных объектов и сбросе в них сточных вод при ведении рыбоводства;
- в случаях, когда учет добываемых подземных вод, изымаемых поверхностных вод и сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду, невозможен с применением средств измерений расхода (объема) вод, внесенных в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь.

Порядок ведения учета водопользователями и заполнения форм учетной документации в области охраны окружающей среды определены в ТКП 17.02-12-2014 Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок ведения учета в области охраны окружающей среды и заполнения форм учетной документации в области охраны окружающей среды [3]. При организации учета сточных вод инструментальным методом, водопользователем осуществляется ведение журнала первичной отчетной документации по форме ПОД-6, при ведении учета сточных вод неинструментальным методом – журнала по форме ПОД-7.

При этом, вопросы учета сточных вод, отводимых в централизованные системы водоотведения (канализации) населенных пунктов, регулируются договором с организациями ВКХ (ЖКХ).

В Республике Беларусь взаимоотношения между абонентами (субабонентами), потребителями, заказчиками и организациями ВКХ (ЖКХ) регламентированы Правилами пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах [4] (далее – Правила).

При этом под абонентами понимаются юридические лица, физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели, эксплуатирующие нежилые помещения, которым оказываются услуги водоснабжения, водоотведения организацией ВКХ на основании договора на оказание услуг водоснабжения, водоотведения (канализации); под потребителями – физическое лицо, которому оказываются услуги водоснабжения, водоотведения организацией ВКХ на основании договора на оказание услуг водоснабжения, водоотведения для личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности.

В соответствии с п. 48 Правил [4], учет сточных вод, поступающих в централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов от абонентов, осуществляется ежемесячно представителем организации ВКХ, или по согласованию с организацией ВКХ данные сведения могут представляться самим абонентом. Порядок и сроки представления показаний определяются договором.

Представление потребителями показаний приборов учета и расчеты с организацией ВКХ за услуги водоснабжения, водоотведения (канализации) осуществляются в порядке и сроки, установленные договором.

Подходы к методической и технической организации учета сточных вод при их поступлении в централизованные системы водоотведения (канализации) зависят, прежде всего, от видов сточных вод.

На рис. 1 схематично представлены потоки сточных вод, поступающие в централизованную систему водоотведения и далее на коммунальные очистные сооружения.



Рис. 1. Потоки сточных вод, поступающие в приемную камеру очистных сооружений.

Хозяйственно-бытовые сточные воды потребителей, подключенных к централизованной системе водоотведения (канализации), учитываются, как правило, в объеме 100 % от объема воды, потребленной населением, проживающим в жилом фонде и подключенном к централизованной системе водоснабжения, поскольку приборный учет хозяйственно-бытовых сточных вод отсутствует.

Хозяйственно-бытовые сточные воды потребителей, не подключенных к централизованной системе водоотведения (канализации), учитываются только от той части населения, которая осуществляет их вывоз посредством ассенизационного транспорта. Учет осуществляется абонентскими службами организаций ВКХ (ЖКХ) на основании фактического объема поступления сточных вод через организованные сливные пункты на сети водоотведения, на основании договора с организацией ВКХ (ЖКХ), заключаемого организацией (индивидуальным предпринимателем), осуществляющей откачку и вывоз сточных вод ассенизационным транспортом.

Хозяйственно-бытовые сточные воды абонентов, подключенных к централизованной системе водоотведения (канализации) населенного пункта, в соответствии с Правилами [4], может осуществляться одним из следующих способов:

1. По фактическим данным объемов отведения сточных вод, учет которых осуществляет через узел учета, преимущественно приборами учета, установленными на границе присоединения к централизованной системе водоотведения (канализации);

2. При отсутствии у абонента приборного учета сточных вод объем потребленной услуги водоотведения (канализации) определяется на основании объема услуги водоснабжения (при этом также учитывается объем воды, используемый для своих нужд из других систем (источников) водоснабжения;

3. По фактическим данным водопотребления с учетом разработанных и утвержденных абонентом индивидуальных технологических нормативов водопользования.

Хозяйственно-бытовые сточные воды абонентов, не подключенных к централизованной системе водоотведения (канализации) населенного пункта, учитываются только от той части абонентов, которая осуществляет их вывоз посредством ассенизационного транспорта. Учет осуществляется абонентскими службами организаций ВКХ (ЖКХ) на основании фактического объема поступления сточных вод через организованные сливные пункты на сети водоотведения, на основании договора с организацией ВКХ (ЖКХ), заключаемого организацией (индивидуальным предпринимателем), осуществляющей откачку и вывоз сточных вод ассенизационным транспортом.

Производственные сточные воды и смесь производственных сточных вод с хозяйственно-бытовыми сточными водами от абонентов, подключенных к

централизованной системе водоотведения (канализации), на основании п. 73 Правил [4] должны учитываться исключительно приборами учета при расходе сточных вод более 100 м³/сут, а также в случае наличия собственных источников водоснабжения при объеме добычи (изъятия) воды более 100 м³/сут. Однако, как показывает практика, лишь малое количество предприятий, осуществляющих отведение производственных сточных вод в централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов, осуществляют учет сточных вод посредством приборов учета. Например, в областных центрах республики количество предприятий, осуществляющих учет сточных вод инструментальным методом составляет не более 2-5 предприятий в каждом городе. Соответственно, практически все абоненты осуществляют учет сточных вод, отводимых в централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов, неинструментальным методом и, как правило, в объеме 100 % от водопотребления.

При этом, абоненты могут использовать воду для своих нужд как из централизованной системы водоснабжения населенного пункта, так и из других систем и источников водоснабжения. Соответственно, при учете отводимых сточных вод неинструментальным методом, таким абонентам необходимо представлять организации ВКХ (ЖКХ) показания всех приборов учета расхода воды и обеспечивать доступ к ним, а также представлять необходимые расчеты по определению объемов образующихся сточных вод, обоснованные проектными решениями, технологическими расчетами, паспортными данными технологического оборудования и другими материалами.

При непредставлении абонентом в срок расчетов по объемам водопотребления, организация ВКХ вправе исчислять количество принимаемых от него сточных вод за период, в который не представлены данные, исходя из пропускной способности подключения к централизованной системе водоотведения (канализации) при коэффициенте ее наполнения, равном 1, действии присоединения в течение 24 часов в сутки и скорости движения сточных вод 1,2 м/с.

Собственные сточные воды организаций ВКХ (ЖКХ), включающие хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды, являются в настоящее время наиболее проблемным видом сточных вод в части учета. Это сточные воды, образующиеся при эксплуатации объектов, находящихся на балансе организаций ВКХ (ЖКХ): здания АБК, насосные станции I и II подъемов, станции водоподготовки, резервуары чистой воды, системы повторного использования воды (СПИВ), очистные сооружения, котельные, бани и т.д.

Наибольший объем собственных сточных вод в организациях ВКХ (ЖКХ) образуется при использовании воды на технологические нужды. В соответствии с постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 29 декабря 2004 г. № 39 «Об оценке и расчете технологических расходов воды в централизованных системах питьевого водоснабжения» [5] (далее – постановление МинЖКХ № 39) собственные сточные воды организаций ВКХ (ЖКХ) могут включать:

- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- производственные сточные воды от промывки и дезинфекции водоводов 1-го подъема, от промывки сетчатых барабанных фильтров и микрофильтров, от промывки баков реагентов, от промывки фильтровальных сооружений, от профилактической очистки и дезинфекции отстойников, осветлителей, резервуаров чистой воды, водонапорных башен, от промывки бактерицидных установок, от профилактической промывки водопроводных сетей, осадок из сооружений СПИВ;
- производственные сточные воды от производственных нужд лабораторий организаций ВКХ;
- производственные сточные воды от промывки и очистки коллекторов, сетей, оборудования и сооружений систем водоотведения.

Учет собственных хозяйственно-бытовых сточных вод осуществляется абонентскими службами организаций ВКХ (ЖКХ) в объеме 100 % водопотребления, поскольку отсутствует их приборный учет.

Учет собственных производственных сточных вод организаций ВКХ (ЖКХ) осуществляется, как правило, не инструментальным методом с учетом требований постановления МинЖКХ № 39 [5].

Стоит также отметить, что при работе коммунальных очистных сооружений биологической очистки в искусственных условиях образуется так называемая «возвратная вода», которая может включать дренажные воды с песковых площадок, иловую воду с иловых площадок. Учет возвратной воды организациями ВКХ (ЖКХ) осуществляется как инструментальными, так и не инструментальными методами (по учету времени работы насосного оборудования), при этом ряд организаций ВКХ (ЖКХ) не осуществляет учет возвратных сточных вод.

Поверхностные сточные воды (при отсутствии централизованных сетей дождевой канализации в населенном пункте) могут поступать от абонентов в централизованную систему водоотведения (канализации) и их учет осуществляется как абонентами, так и организациями ВКХ (ЖКХ), не инструментальными (расчетными) методами в соответствии со строительными нормами СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [6].

Разница объемов сточных вод, поступающих на коммунальные очистные сооружения организаций ВКХ (ЖКХ) и реализованных сточных вод на основании данных абонентской службы ВКХ (ЖКХ), является *дополнительным (неорганизованным) притоком* сточных вод на коммунальные очистные сооружения.

Законодательно понятие «дополнительный приток» закреплено в СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [6].

При расчете дополнительного (неорганизованного) притока он может включать следующие статьи:

- собственные сточные воды организаций ВКХ (ЖКХ) – при отсутствии учета данных сточных вод предприятиями ВКХ (ЖКХ);
- поверхностные сточные воды (дождевые и талые) и грунтовые воды, поступающие в централизованные системы водоотведения (канализации), в связи с несовершенством и конструктивными особенностями коллекторов;
- сточные воды, нелегально поступающие в централизованную систему водоотведения (канализации) посредством ассенизационного транспорта;
- сточные воды, отводимые абонентами в централизованную систему водоотведения (канализации) сверх оплаченных объемов, что обусловлено отсутствием у большей части абонентов ВКХ инструментального учета сточных вод;
- часть хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, отводимых в централизованные системы водоотведения (канализации) и не учтенных приборами учета из-за их нечувствительности и из-за ухудшения метрологических характеристик в процессе их эксплуатации [7];
- сточные воды, образующиеся в результате коммерческих потерь воды за счет несанкционированного отбора воды потребителями из системы коммунального водоснабжения (самовольное подключение к системе коммунального водоснабжения, несогласованный разбор воды через обводные трубопроводы вокруг приборов учета, из гидрантов и водоразборных колонок, установленных на наружных водопроводных сетях), а также вода, не оплаченная абонентами, не имеющими водосчетчиков, при превышении фактического потребления воды над нормативным [7].

Неучтенные объемы и коммерческие потери воды рассчитываются в соответствии с постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 31 августа 2005 г. № 43 «О порядке расчета норматива потерь и неучтенных расходов питьевой воды из централизованных систем питьевого водоснабжения» [7].

Таким образом, дополнительный приток может включать не только поверхностные сточные воды и грунтовые воды, но и собственные сточные воды предприятий ВКХ (ЖКХ), и производственные и хозяйственно-бытовые сточные воды от абонентов, и хозяйственно-бытовые сточные воды потребителей, что значительно увеличивает его долю в общем объеме сточных вод на приемной камере очистных сооружений.

Для оценки условий формирования и учета сточных вод, поступающих в централизованную систему водоотведения (канализации) населенных пунктов и далее на коммунальные очистные сооружения, проведен анализ структуры их формирования на приемной камере очистных сооружений г. Минска и пяти областных городов страны за 2018 г. (табл. 1).

Табл. 1. Фактический объем сточных вод, поступающих в централизованную систему водоотведения (канализации) г. Минска и пяти областных центров за 2018 г.

Город	Производственные сточные воды	Собственные сточные воды организаций ВКХ (ЖКХ)	Хозяйственно-бытовые сточные воды	Хозяйственно-бытовые сточные воды, поступающие посредством ассенизационного транспорта	Дополнительный (неорганизованный) приток	Возвратная вода	Итого на приемной камере очистных сооружений
Минск, м ³	12611000,00	2077931,00	121598100,00	53820,00	2612940,00	28401709,00	167355500,00
%	7,54	1,24	72,66	0,03	1,56	16,97	100,00
Брест, м ³	5969265,50	398523,80	15819743,93	41438,50	5135880,77	2712869,50	30077722,00
%	19,85	1,32	52,60	0,14	17,08	9,02	100,00
Витебск, м ³	5401890,70	1324302,00	12606582,85	41007,00	11703555,45	-	31077338,00
%	17,38	4,26	40,57	0,13	37,66	-	100,00
Могилев, м ³	11693696,00	-	21105339,00	-	11793000,00	-	44592035,00
%	26,22	-	47,33	-	26,45	-	100,00
Гомель, м ³	1923846,00	2217982,00	23979085,00	27606,00	13617567,00	-	41766086,00
%	4,61	5,31	57,41	0,07	32,60	-	100,00
Гродно, м ³	3668135,00	844000,00	17190001,00	28015,00	4102835,00	1180196,00	27013182,00
%	13,58	3,12	63,64	0,10	15,19	4,37	100,00

Распределение различных видов сточных вод на приемной камере очистных сооружений гг. Минска, Бреста, Витебска, Гомеля, Гродно и Могилева за 2018 г. приведено на рис. 2.

Анализ данных, представленных в табл. 1 и на рис. 2 показал, что подходы к учету объемов различных категорий сточных вод и структура поступления сточных вод на коммунальные очистные сооружения в областных центрах и г. Минске имеет следующие особенности:

- доля производственных сточных вод составляет от 4,61 до 26,22 % от общего объема сточных вод на приемной камере очистных сооружений;
- не на всех коммунальных очистных сооружениях ведется учет собственных сточных вод, при этом при ведении такого учета доля собственных сточных вод организаций ВКХ (ЖКХ) составляет от 1,24 до 5,31 % от общего объема сточных вод на приемной камере очистных сооружений;
- не на всех коммунальных очистных сооружениях ведется отдельный учет возвратной воды, доля которой на приемной камере очистных сооружений составляет от 4,37 до 16,97 % от общего объема сточных вод.
- объемы хозяйственно-бытовых сточных вод являются преобладающими на приемной камере очистных сооружений и составляют от 40,57 до 72,66 % от общего объема сточных вод;
- не на всех коммунальных очистных сооружениях ведется учет сточных вод, поступивших посредством ассенизационного автотранспорта, при этом доля таких сточных вод составляет от 0,03 до 0,14 % от общего объема сточных вод на приемной камере очистных сооружений;
- дополнительный (неорганизованный) приток, оцениваемый предприятиями как разница между учтенными объемами сточных вод и объемом, зафиксированным на приемной камере очистных сооружений, существенно отличается в исследуемых городах (от 1,56 до 37,66 % от общего объема сточных вод), что свидетельствует о недостаточной организации учета основных категорий сточных вод, образовании значительных объемов неучтенных сточных вод и отнесения их на статью «дополнительный (неорганизованный) приток».



Важным фактором при ведении инструментального учета сточных вод, поступающих на коммунальные очистные сооружения и сбрасываемых после них в водный объект, является месторасположение средств измерений расхода сточных вод.

В соответствии с национальным законодательством прибор учета должен отображать объем сброса сточных вод в водный объект и должен быть установлен после очистных сооружений или непосредственно на выпуске в водный объект. Однако, как показывает практика, на коммунальных очистных сооружениях прибор учета установлен на разных звеньях очистки сточных вод:

- после приемной камеры очистных сооружений;
- после песколовок;
- после первичных отстойников;
- после вторичных отстойников (перед биологическими прудами, при их наличии);
- после последнего звена очистных сооружений или непосредственно на выпуске в водный объект.

При этом определенные проблемы связаны и с учетом возвратной воды, образующейся при эксплуатации очистных сооружений биологической очистки в искусственных условиях, объемы которой могут составлять до 15-17% от общего объема очищаемых сточных вод. На очистных сооружениях поступление возвратной воды конструктивно может осуществляться на различные звенья очистки, что напрямую влияет на учет сточных вод (в зависимости от местоположения прибора учета) и создает дополнительную нагрузку на очистные сооружения по взвешенным веществам и биогенам.

Проведенный анализ организации учета сточных вод, поступающих в централизованные системы водоотведения (канализации) и на коммунальные очистные сооружения показал, что в Республике Беларусь в организациях ВКХ (ЖКХ) отсутствует единый подход к учету всех потоков сточных вод, поступающих на приемную камеру очистных сооружений.

Отсутствие должного учета собственных хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод организаций ВКХ (ЖКХ) также усложняет расчет допустимой концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод на приемной камере коммунальных очистных сооружений.

Таким образом, при проведении нормирования поступления загрязняющих веществ от абонентов в централизованные системы водоотведения (канализации), для адекватного расчета массы загрязняющих веществ, поступивших на приемную камеру коммунальных очистных сооружений, и последующего установления допустимых концентраций загрязняющих веществ для абонентов, необходимо, в первую очередь, повышать точность учёта всех видов сточных вод, поступающих на очистные сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод [Электронный ресурс]: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 26 мая 2017 г., №16: в ред. от 5 сен. 2019 г. // Правовая платформа «Бизнес-Инфо». URL: <http://bii.by/tx.dll?d=349099&f=%EF%EE%F1%F2%E0%ED%EE%E2%EB%E5%ED%E8%E5+%EC%E8%ED%EF%F0%E8%F0%EE%E4%FB+%B9+16#f> (Дата обращения: 24.02.2021).
2. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 30 апр. 2014 г., № 149-З. Доступ из справ.-правовой системы «ЭТАЛОН».
3. ТКП 17.02-12-2014 Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок ведения учета в области охраны окружающей среды и заполнения форм учетной документации в области охраны окружающей среды.
4. Правила пользования централизованными системами водоснабжения,

водоотведения (канализации) в населенных пунктах [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 сен. 2016 г., № 788 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600788&p1=1> (Режим доступа: 25.02.2021).

5. Об оценке и расчете технологических расходов воды в централизованных системах питьевого водоснабжения [Электронный ресурс]: постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, 29 дек 2004 г., № 39: в ред. от 22.11.2019 г. // Правовая платформа «Бизнес-Инфо». URL: <http://bii.by/tx.dll?d=77394&f=%EF%EE%F1%F2%E0%ED%EE%E2%EB%E5%ED%E8%E5%EC+%EC%E8%ED%E8%F1%F2%E5%F0%F1%F2%E2%E0+%E6%EA%F5+%B9+39+%EE%E1+%EE%F6%E5%ED%EA%E5#f> (Режим доступа: 24.02.2021).
6. СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения», утвержденными постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31 октября 2019 г. № 59.
7. О порядке расчета норматива потерь и неучтенных расходов питьевой воды из централизованных систем питьевого водоснабжения [Электронный ресурс] : постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, 31 авг. 2005 г., № 43: в ред. от 20.11.2019 г. // Правовая платформа «Бизнес-Инфо». URL: <http://bii.by/tx.dll?d=82559&f=%F0%E0%F1%F7%E5%F2+%EF%EE%F2%E5%F0%FC#f> (Режим доступа: 24.02.2021).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ВОД С УЧЕТОМ РОЛИ ДИФФУЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Демин А.П.

ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Москва, Россия
e-mail: deminap@mail.ru

Ключевые слова: нормативный правовой акт, диффузный сток, водоохранные зоны, водоохранные мероприятия, очистные сооружения

Показаны цель правового регулирования охраны водных объектов, необходимость расширения полномочий органов местного самоуправления. Приведены данные о роли диффузных источников в загрязнении водных объектов. Даны предложения по изменению направленности финансирования водоохранных мероприятий, снижению доли внебюджетных источников.

IMPROVEMENT OF THE REGULATORY LEGAL FRAMEWORK IN THE FIELD OF WATER PROTECTION TAKING INTO ACCOUNT THE ROLE OF DIFFUSE POLLUTION OF WATER BODIES

Demin A.P.

Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: deminap@mail.ru

Keywords: regulatory legal act, diffuse runoff, water protection zones, water protection measures, treatment facilities

The purpose of the legal regulation of the protection of water bodies, the need to expand the powers of local governments are shown. The data on the role of diffuse sources in the pollution of water bodies are presented. Proposals were made to change the direction of financing of water protection measures, to reduce the share of non-budgetary sources.

Основная цель правового регулирования охраны водных объектов по ст. 55 Водного кодекса РФ заключается в установлении обязательности проведения природоохранных мероприятий при использовании и владении водными объектами всеми без исключения собственниками водных объектов и водопользователями. Эта цель полностью соответствуют такому принципу водного законодательства, как приоритету охраны водных объектов перед их использованием. Ее применение должно опираться на детальное правовое регулирование порядка осуществления мер по охране водных объектов, их планирования, информационного обеспечения, финансирования, технико- материального обеспечения и пр. [1].

В нашем праве делается акцент на карательные, стихийно-наказательные меры. Стимулирующий, поощрительный элемент появляется не часто, гражданин не считает себя обязанным знать экологические требования и пользоваться нормами, позволяющими беречь водные ресурсы, поэтому встречается с этими предписаниями тогда, когда к нему предъявляются претензии и даже обвинения в загрязнении, в захвате либо ином неправомерном использовании водоемов, их прибрежных полос и пр.

Поскольку путь к оздоровлению больших рек лежит через экологическое восстановление малых водосборов небольших водных объектов, важнейшее значение имеет расширение полномочий органов местного самоуправления в области использования и охраны водных объектов. На эффективность государственного управления вообще и в водной отрасли в частности существенным образом влияет разграничение полномочий

органов власти трех уровней: федеральных, региональных, муниципальных. Полномочия органов местного самоуправления в существующей системе управления использованием и охраной водных объектов, установленной водным законодательством, являются довольно ограниченными в сравнении с полномочиями федеральных и региональных органов власти. Однако эти полномочия пополняются за счет норм иных отраслей законодательства, формально не относимых к водному праву, но в действительности регулирующих осуществление органами местного самоуправления целого ряда значимых функций в сфере использования и охраны водных объектов [2].

Органы местного самоуправления в пределах своих полномочий могут издавать нормативные правовые акты, регулирующие водные отношения. К полномочиям органов местного самоуправления муниципального района и городского округа относится установление правил использования водных объектов общего пользования, расположенных на территории муниципального района, городского округа, для личных и бытовых нужд. Нормативными правовыми актами органов местного самоуправления устанавливаются ставки платы за пользование такими водными объектами, порядок расчета и взимания этой платы. Органы местного самоуправления не должны принимать правовые акты в сферах, отнесенных к нормотворчеству субъектов РФ, между тем подобные муниципальные нормативные акты встречаются, например, распоряжение федеральным водным объектом при принятии решений о предоставлении земельным участком.

Предусмотрено участие органов местного самоуправления в работе бассейновых советов. Актуальным является определение форм взаимодействия органов местного самоуправления с органами государственной власти в осуществлении мероприятий по охране малых рек. Безусловно, проблема охраны малых рек является острой. Известно, что работы по очистке дна, защите берега, борьбе с эрозией, восстановлению лесов в водоохранных зонах малых рек либо совершенно не проводятся, либо проводятся эпизодически.

Экологическое состояние водоемов и водотоков зависит во многом от запрета совершения той или иной хозяйственной деятельности не только на акваториях водных объектов, но и непосредственно в их прибрежных зонах. Подобные запреты действуют в пределах определенных границ или буферов, которые в водном законодательстве РФ называются водоохранными зонами (ВЗ), прибрежными защитными полосами (ПЗП) и береговыми полосами. Диффузные источники загрязнения контролируются в значительно меньшей мере, чем организованные водопользователи и водопотребители, причем часто они находятся на территории ВЗ и ПЗП.

Согласно ВК РФ водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. В границах ВЗ устанавливаются ПЗП, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности. Береговой полосой водного объекта считается полоса земли вдоль береговой линии и предназначена для общего пользования. Границы охранных зон водоемов и водотоков устанавливаются от береговой линии самого водного объекта, а все сведения о границах вносятся в Государственный водный реестр и Государственный кадастр недвижимости.

В последние годы в пределах РФ систематически проводятся работы по установлению границ охранных зон с учетом требований существующего водного законодательства. В основном подобные работы ведутся в пределах наиболее обжитых территорий, чаще приуроченных к населенным пунктам. В основе комплекса экологических работ в пределах ВЗ и ПЗП лежит выявление негативно воздействующих на водоемы и водотоки, а также

потенциально опасных для поверхностных вод и их прибрежной зоны так называемых объектов хозяйственной деятельности (ОХД).

В прибрежной зоне обследованных водных объектов четырех регионов более 300 ОХД характеризуются как запрещенные к расположению в пределах ВЗ или ПЗП (более 35 % от общего числа). Основными из них являются кладбища, скотомогильники, автозаправочные станции, пахотные угодья, некоторые объекты животноводства, часть карьеров и т. д. [3].

Следует отметить, что в Республике Беларусь требования к организации водоохранных зон и прибрежных полос существенно жестче, чем в России. Так, минимальная ширина ВЗ и ПЗП в несколько раз превышает аналогичные в РФ. Кроме того, в границах ВЗ не допускается складирование снега с содержанием песчано-солевых смесей, размещение и складирование минеральных и органических удобрений. Если в России выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей запрещается в границах ПЗП, то в Беларуси это запрещено в границах всей водоохранной зоны. Несмотря на строгость законодательства, только в Могилевской области в границах ВЗ расположено более тысячи молочно-товарных ферм и животноводческих комплексов, не считая машинотракторных мастерских, складов удобрений, летних лагерей скота, складов горюче-смазочных материалов и других подобных объектов [4].

Что касается требований пользования береговой полосой водного объекта, то, согласно ВК РФ, каждый гражданин вправе пользоваться (без использования механических транспортных средств) береговой полосой водных объектов общего пользования для передвижения и пребывания около них, в том числе для осуществления любительского и спортивного рыболовства и причаливания плавучих средств. Таким образом, для водопользователей и владельцев объектов хозяйственной деятельности в прибрежной зоне водоемов и водотоков стоит учитывать этот факт при застройке территории и ограничении доступа к водному объекту.

Консервации должны быть подвержены немногочисленные скотомогильники. Автозаправочные станции, также запрещенные к нахождению в пределах ВЗ и ПЗП, необходимо вынести за границы охранных зон. Пахотные угодья, повсеместно располагающиеся в пределах ПЗП в соответствии с требованиями ВК РФ необходимо ликвидировать. Отдельно можно рассматривать объекты хозяйственной деятельности, исключаящие либо ограничивающие, ввиду ограждения территории, доступ в 20-метровую береговую полосу, прилегающую к водному объекту. В таких случаях, для обеспечения свободного доступа к водному объекту необходимо демонтировать ограждения либо перенести их на большее расстояние от береговой линии.

В последние десятилетия на большинстве водосборов крупных рек России в результате трансформации социально-экономических процессов произошло существенное сокращение объема отводимых сточных и коллекторно-дренажных вод от промышленных, сельскохозяйственных и жилищно-коммунальных предприятий. Соответственно, существенно (в несколько раз) сократился сброс загрязняющих веществ, содержащихся в этих водах. Однако это не привело к улучшению качества воды в большинстве речных бассейнов [5, с. 149]. Этот эффект связан с действием неконтролируемых (диффузных) источников загрязнений, которые формируются в результате поверхностного смыва с территорий городов, площадок промышленных, транспортных, животноводческих и др. предприятий, несанкционированных свалок и полигонов отходов, сельскохозяйственных угодий и пр.

В Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года в качестве основных направлений действий, обеспечивающих снижение антропогенной нагрузки на водные объекты, перечислены в том числе следующие: организация и очистка поверхностного стока с селитебных территорий и промышленных площадок, обустройство зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения и

водоохранных зон водных объектов, осуществление противоэрозионных мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения.

Исследования, проведенные в разных географических зонах России, Беларуси показывают, что практически по всем водохозяйственным участкам рек, в пределах которых имеются крупные населенные пункты, вынос приоритетных загрязняющих веществ с селитебных территорий рассредоточенным стоком либо соизмерим с массой загрязняющих веществ, поступающих с точечными сбросами предприятий, либо превышает их [4,6,7]. Согласно СКИОВО бассейна Оки, в общем объеме поступающих в реку нефтепродуктов 97,8 % приходится на диффузные источники, по взвешенным веществам – 99,1 %, по ХПК – 97,1 %.

В подавляющем большинстве СКИОВО при расчете объема загрязняющих веществ, поступающих в водный объект, диффузные источники не учитываются, так как методика учета такого рода нагрузки на водный объект отсутствует. В этой связи при выборе мероприятий по улучшению качества воды в речном бассейне приоритеты расставляются ошибочно. Улучшить качество вод водотоков можно сократив, собрав и очистив сток с водосборной территории. Поскольку питание рек склоновыми водами происходит в основном весной, существенного эффекта можно достичь, подвергая очистке расплавленный снег и талые снеговые воды.

У нас же до сих пор при финансировании водоохранных мероприятий, направленных на улучшение качества воды в водных объектах, подавляющая часть финансовых ресурсов направляется на очистку сточных вод от точечных источников загрязнения. Так, в федеральном проекте «Оздоровление Волги» почти 73% объема финансирования из всех источников направляется на строительство и реконструкцию (модернизацию) очистных сооружений, а на все остальные водоохранные мероприятия в совокупности – только 27%. Каков будет эффект от такого перекоса в финансировании можно предположить, учитывая предшествующий многолетний опыт по сокращению сброса объема загрязненных сточных вод и загрязняющих веществ в их составе.

В общем объеме финансирования неоправданно велика доля внебюджетных источников. В России более половины Водоканалов являются банкротами. Рост нагрузки на предприятия жилищно-коммунального хозяйства и промышленности в условиях нестабильной макроэкономической ситуации создает риски непривлечения внебюджетных средств в первоначально планируемых параметрах. Так, в федеральном проекте «Оздоровление Волги» изменилась структура финансирования по сравнению с заданной в паспорте [8]. Необходимо шире привлекать положительный опыт «зеленого» финансирования (налоговые преференции, льготы, внедрение механизмов начисления и использования амортизационных отчислений и т.д.).

Водоохранные мероприятия по снижению загрязнения водных объектов от диффузных источников представляют собой систему мер, направленных на предотвращение, ограничение и устранение последствий загрязнения, засорения и истощения вод. Разнообразие источников диффузного стока, различающихся пространственными и временными характеристиками, путями поступления и спектром загрязняющих веществ (ЗВ) приводит к необходимости проведения различных видов водоохранных мероприятий. Водоохранные мероприятия по снижению диффузного стока ЗВ классифицируются по различным признакам.

По видам диффузных источников ЗВ мероприятия могут проводиться:

– на городских (урбанизированных) территориях; – на землях сельскохозяйственного назначения; – на предприятиях животноводческого комплекса; – на площадках промышленных предприятий; – на полигонах захоронений и свалок; – на объектах транспортной инфраструктуры и др.

Водоохранные мероприятия различаются:

- *по месту проведения* (в источнике загрязнения; в транзитной зоне, по пути перемещения ЗВ в водный объект; в самом водном объекте);
- *по времени достижения ожидаемого эффекта* (краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные);

- в соответствии с путями поступления ЗВ от диффузных источников в водные объекты (мероприятия по защите от атмосферных осадений ЗВ на акваторию водного объекта; мероприятия по защите от поверхностного смыва ЗВ с водосбора; мероприятия по защите от поступления ЗВ от источников «вторичного» загрязнения – загрязненных подземных вод и донных отложений).

Размеры источников формирования диффузного стока могут значительно различаться. Источники диффузного загрязнения могут ограничиваться небольшими участками, на которых в результате прошлой хозяйственной деятельности сформировались объекты накопленного вреда окружающей среде. В некоторых случаях территория, на которой формируется диффузный сток, может достигать 85 % водосборной площади водного объекта (например, не канализованные территории населенных пунктов, сельскохозяйственные угодья), а фронт поступления загрязнений в него может растянуться на десятки и сотни километров. Существенное влияние, которое оказывают антропогенные факторы на формирование диффузного стока, связано как с особенностями различных источников диффузного загрязнения, так и с субъективными факторами [9].

Выборочный анализ реализации мероприятий пяти СКИОВО волжского бассейна выявил невысокий процент их включения в региональные (муниципальные) программы (около 20 %), что обусловлено:

- отсутствием нормативных правовых документов, обязывающих включать мероприятия схем в региональные (муниципальные) программы;
- негарантированным финансированием мероприятий СКИОВО, разработанных на долгосрочный период, при среднесрочном бюджетном планировании;
- регламентированной процедурой корректировки СКИОВО на основании результатов мониторинга не чаще одного раза в пять лет, а также длительностью процесса согласования изменений, включающего проведение общественных слушаний и государственной экологической экспертизы [8];
- не улучшающееся на протяжении многих лет качество воды в водных объектах бассейна р. Волги связано в значительной степени с усиливающейся интенсивностью эрозионных процессов и увеличением твердого стока в водные объекты. Однако применение одного из важнейших мероприятий по охране земель и вод, каковым является создание противоэрозионных лесных насаждений, резко сокращается. По данным государственной статистической отчетности создание таких насаждений на землях сельскохозяйственного назначения в России за 1995 по 2016 гг. снизилось в 7,2 раза.

Еще более разительные изменения произошли в создании полезащитных лесополос на землях сельскохозяйственного назначения. Из регионов, расположенных в Волжском бассейне, за последние 7-8 лет лесополосы в крайне небольших масштабах создаются лишь в Республиках Татарстан и Башкортостан. Для улучшения экологической ситуации в бассейне р. Волга необходимо в кратчайшие сроки вернуться к объемам работ, выполняемым 15-20 лет назад, а еще лучше превысить их.

ВЫВОДЫ

Рекомендации к снижению потенциального негативного воздействия на водоемы и водотоки от объектов хозяйственной деятельности могут быть совершенно различными. В ряде случаев необходим вынос объектов за пределы водоохранных зон, во многих случаях достаточно консервативных мер и регулярного контроля.

В корректировках СКИОВО при расчете объема загрязняющих веществ, поступающих в водный объект, необходимо учитывать диффузные источники.

При финансировании водоохранных мероприятий, направленных на улучшение качества воды в водных объектах, требуется учитывать приоритеты и инвестировать ресурсы в первую очередь в самые эффективные мероприятия

В общем объеме финансирования водоохранных мероприятий неоправданно велика доля внебюджетных источников. Рост нагрузки на предприятия жилищно-коммунального хозяйства и промышленности в условиях нестабильной макроэкономической ситуации создает риски непривлечения планируемых внебюджетных средств. Необходимо шире привлекать положительный опыт «зеленого» финансирования.

Необходимо вернуться к объемам работ по созданию противоэрозионных лесных насаждений и полезащитных лесополос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дубовик О.Л.* Охрана водных объектов – важный компонент государственной экологической политики в России // Водное законодательство и экологические вызовы: сб. материалов научно-практ. конференции. М.: Изд-во «Анкил», 2012. С.46-49.
2. *Васильева М.И.* Полномочия органов местного самоуправления в области использования и охраны водных объектов // Lex russica (Русский закон). 2017. №11. С.67-82.
3. *Мозжерин В.В., Кажокин А.А., Сатдаров А.З.* Методика выявления, обследования и описания объектов хозяйственной деятельности в охранных зонах водных объектов // Науч. ведомости Белгородского гос. ун-та. Серия: Естественные науки. 2018. Т.42. №2. С.258-271.
4. *Захарова М.Е.* Качественная оценка уровня техногенной нагрузки на гидрологические системы // Вода: химия и экология. 2011. №8. С.66-71.
5. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». М.: НИА-Природа, 2019. 290 с.
6. *Федорова Е.В., Карпунина О.П., Максимчук Н.С.* Учет загрязнения водных объектов стоком с городов в схемах комплексного использования и охраны водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. №2. С. 21-29.
7. *Кондратьев С.А., Шмакова М.В., Брюханов А.Ю. и др.* Глобальный экологический кризис: мифы и реальность // Общество. Среда. Развитие. 2016. №1 (38). С.92-99.
8. Отчет о результатах совместного контрольного мероприятия «Аудит результативности комплекса мероприятий по оздоровлению реки Волги, реализованных в 2017-2019 годах и истекшем периоде 2020 года, и их влияния на решение задач Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с контрольно-счетными органами Астраханской, Нижегородской и Ярославской областей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/0e5/0e55d126ecd64b72a362cccabfa6c5b4.pdf>
9. *Демин А.П., Фащевская Т.Б.* Комплекс водоохранных мероприятий с целью снижения объема загрязнений от неточечных источников в бассейне реки Волга // Экология речных бассейнов: Труды IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общей ред. проф. Т.А. Трифионовой. Владимир, Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. 2018. С.579–586.

ПРАВОПРИМЕНИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА ВОЗМЕЩЕНИЯ ВРЕДА ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ ПРИ НАРУШЕНИИ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Крутикова К.В.

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

Ключевые слова: водный объект, вред, деградация, норматив, водное законодательство.

Автором проанализирована правоприменительная практика по судебным разбирательствам в отношении вопросов возмещения вреда, причиненного водным объектам нарушением водного законодательства. Исследованы ключевые вопросы, являющиеся предметом спора между истцом (органами Росприроднадзора) и ответчиком (водопользователем), среди которых: необходимость доказательства факта причинения вреда, наличие деградации водного объекта, а также перечень исходной информации для расчета вреда и подход к определению отдельных элементов расчета. Рассмотрены основные направления развития механизма возмещения вреда, а также совершенствования методологии расчета суммы вреда.

LAW-ENFORCEMENT PRACTICE CONCERNING COMPENSATION OF DAMAGES TO WATER BODIES IN CASE OF THE WATER LEGISLATION INFRINGEMENT

Krutikova K. V.

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection», Ekaterinburg, Russia
e-mail: krutikovak@mail.ru

Key words: water body, damage, degradation, norm, water legislation

The author has analyzed the law-enforcement practice based on court hearings concerning compensation of damages to water bodies through infringements of water legislation. Key issues disputable between plaintiffs (Rosprirodnadzor bodies) and respondents (water users) have been studied. Among them: necessity of proving the fact of damage, degradation of a water body, as well as the list of initial information for calculation of damage and approach to determination of the calculation individual elements. The main directions of the damage compensation mechanism development, as well as improvement of the damage volume calculation methods have been discussed.

Обязанность полного возмещения вреда окружающей среде установлена ст. 77 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [1]. При расчете размера вреда используется «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства», утвержденная приказом Минприроды России от 13.04.2009 № 87 [2].

Возмещение вреда осуществляется в подавляющем большинстве случаев в судебном порядке. Практика деятельности арбитражных судов по таким делам демонстрирует затяжной характер рассмотрения, причиной которого являются споры истца и ответчика об обоснованности предъявляемых претензий и достоверности расчета размера вреда. Сама методология определения размера вреда, заложенная в Методику № 87, признается экспертным сообществом правомерной, однако некоторые ее положения требуют уточнения и разъяснения с целью обеспечения их однозначной интерпретации и правильности исчисления размера вреда.

В ходе подобных разбирательств помимо обстоятельств, имеющих отношение к предмету спора, суды вынуждены рассматривать вопросы правового характера, а именно: что является вредом водному объекту и является ли обязательным выявление факта наступления вреда вследствие нарушения водного законодательства.

Установление факта причинения вреда водному объекту

С одной стороны, после опубликования в 2017 году постановления Пленума Верховного суда РФ № 49 [3] установлено: в случае превышения юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями установленных нормативов допустимого воздействия на окружающую среду предполагается, что в результате их действий причиняется вред. Подобная формулировка фактически позволяет судам разрешать спор без определения механизма причинения вреда. Большинство судебных решений основано на формальном следовании тезису: сверхнормативный сброс причиняет вред. Это слабо оспоримо в случаях, когда степень негативного воздействия действительно высока, то есть отсутствие деградации водного объекта причинителем вреда даже не предполагается.

Однако существует целый ряд споров, в которых ключевым отстаиваемым обстоятельством является именно отсутствие деградации в результате «незначительного» по мнению «причинителя» вреда воздействия. Как правило, такая ситуация возникает, если при исчислении вреда в качестве нарушаемого норматива приняты не нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ, а предельно допустимые концентрации этих веществ в воде водного объекта (в случае отсутствия у предприятия утвержденного допустимого норматива). То есть в качестве нарушения водного законодательства рассматривается не загрязнение в результате превышения установленного организационного норматива сброса, а иное нарушение – использование ресурсов водного объекта без разрешительной документации. В этом случае, при сбросе загрязняющих веществ в составе сточных вод с концентрациями, не превышающими концентрации этих веществ в воде водного объекта (или превышающих незначительно), может быть исчислен вред водному объекту. Действующая методология расчета вреда предусматривает такую возможность (п. 22.3) [2].

В этом случае суть спора состоит в следующем. В соответствии со ст. 1 Закона № 7-ФЗ вред окружающей среде – это негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов [1].

Ответчик настаивает на том, что вред может быть исчислен и предъявлен только в случае, если выявленное негативное воздействие на водный объект повлекло за собой его деградацию либо истощение. При этом под истощением водного объекта должно пониматься постоянное сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод [4]. Под это определение подпадает любое доказанное загрязнение водного объекта сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод в количестве, превышающем содержание этих веществ в воде водного объекта. Однако ответчиком, как правило, предпринимаются попытки установления отсутствия именно деградации водного объекта, как доказательства отсутствия вреда.

В свою очередь, деградация водного объекта – состояние водного объекта, сопровождаемое ухудшением качества воды, снижением самоочищающей способности, снижением комплектности водной экосистемы, нарушением экологического благополучия [5]. Установление деградации – вопрос, требующий проведения судебной экспертизы, назначение которой требует соблюдения определенных судебных процедур, а также расходов на ее проведение. При этом, напомним, положения п. 7 постановления Пленума ВС РФ № 49 позволяют достаточно формально рассматривать в качестве доказательства причинения вреда только факт сверхнормативного воздействия, вне зависимости от того, привело данное обстоятельство к ухудшению состояния окружающей среды или нет.

Позиция Росприроднадзора, выступающего истцом и противником проведения экспертиз по доказыванию отсутствия деградации водного объекта, состоит в следующем

[6]. В силу п. 6 Постановления Пленума ВС РФ от 30.11.2017 № 49 основанием для привлечения лица к имущественной ответственности (п. 1 ст. 77 Закона № 7-ФЗ) является вред, причиненный окружающей среде, в результате ее загрязнения, истощения, порчи, уничтожения, нерационального использования природных ресурсов, деградации и разрушения естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов, иного нарушения законодательства в области охраны окружающей среды.

Таким образом, из приведенного толкования нормы права в его взаимосвязи с п.1 ст. 1064 Гражданского кодекса Российской Федерации подлежит возмещению в полном объеме вред, причиненный в результате действий лица, которые повлекли негативное изменение окружающей среды в любой из форм, охватываемых п. 1 ст. 77 Закона № 7-ФЗ.

При этом перечень таких действий, как и вариантов (форм) негативных изменений окружающей среды, является открытым. То есть, прочее нарушение водного законодательства в соответствии с позицией Росприроднадзора подпадает под механизм причинения вреда.

Порядок исчисления размера вреда

Если вопрос деградации водного объекта или ее отсутствия не поднимается (либо уже решен) в судебном разбирательстве, то перечень оспариваемых в суде моментов дополняется недостоверностью самого расчета суммы вреда. Методология расчета, несмотря на ее систематическое дополнение в целях исключения спорных моментов, по-прежнему содержит ряд принципиальных неопределенностей, позволяющих неоднозначно трактовать ее нормы [7], в результате чего расчет истца и контррасчет ответчика не совпадают по целому ряду позиций.

Исходным этапом исчисления размера вреда одному объекту является выявление загрязнения водного объекта. С этой целью сравниваются данные лабораторного анализа проб воды водного объекта и сточной воды в случае, если вред причинен сбросом сточных вод. Для этого должны быть использованы данные проверки надзорными органами предприятия-нарушителя, которые будут являться доказательством факта нарушения водного законодательства.

Исчерпывающий перечень исходной информации, необходимой для расчета вреда, причиненного сбросом сточных вод с превышением нормативов допустимого воздействия на водные объекты, в соответствии с действующей методологией:

1. Акты отбора проб воды за рассматриваемый период на всех рассматриваемых в расчете выпусках сточных вод и воды водного объекта выше выпусков.
2. Протоколы количественного химического анализа учитываемых проб воды.
3. Документы об аккредитации лабораторий, результаты которых будут учтены при расчете.
4. Акты проверки предприятия контрольно-надзорными органами.
5. Журнал учета водоотведения предприятия средствами измерений (если при расчете вреда используются данные предприятия).
6. Решения о предоставлении водного объекта в пользование по всем выпускам.
7. Разрешения на сброс загрязняющих веществ по всем выпускам.
8. Нормативы допустимого сброса вредных веществ и микроорганизмов в составе сточных вод по всем выпускам.
9. Результаты запроса в управления Росгидромета сведений о фоновых концентрациях.
10. Результаты запроса в управления Росгидромета или территориальные органы Росводресурсов сведений о сроках половодий и паводков на водном объекте, которому причинен вред.
11. Расчеты платы за негативное воздействие на окружающую среду в части сброса загрязняющих веществ в водный объект.

12. Справка предприятия о проведенных мероприятиях по предупреждению сверхнормативного или сверхлимитного (при его наличии) сброса вредных (загрязняющих) веществ.
13. Заключение органа Росприроднадзора, либо другого надзорного органа об обоснованности таких затрат.

При прочих видах загрязнения водного объекта (в том числе нефтью или нефтепродуктами) перечень исходной информации, как правило, практически полностью включен в акты проверки объектов негативного воздействия (включая фото и видеоматериалы).

Наиболее часто встречающиеся спорные моменты относительно неиспользования при расчете суммы вреда сведений, которые необходимы для определения элементов расчета и коэффициентов в обязательном порядке, в отсутствии которых расчет вреда может быть признан недействительным:

1. о сроках половодий и паводков – не учет этих сведений приводит к завышению суммы вреда, поскольку для сроков половодий характерен минимальный коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года;
2. о фоновых концентрациях, сведения о которых используются дважды в ходе расчета (при определении допустимой концентрации загрязняющего вещества и назначении коэффициента, учитывающего интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект. Расчет может быть произведен без информации о фоновых концентрациях только в случае отсутствия у предприятия разрешительной документации;
3. об аккредитации лаборатории, производившей анализ проб воды, в какие-то сроки в период, за который исчисляется вред (как правило, в момент истечения сроков аккредитации и получения нового аттестата).

В целом, сам порядок расчета суммы вреда может считаться достаточно выверенным, однако формулировки некоторых положений методики исчисления вреда все же допускают некоторые вариации. Например, «болевой точкой» является нечеткость использованного в положениях методики понятия «фоновый показатель качества воды водного объекта». На сегодняшний день в качестве этого показателя в ходе исчисления вреда должны быть использованы фоновые концентрации, определенные в соответствии с РД 52.24.622–2017 «Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод» [8]. Показатели качества воды водного объекта в фоновом створе должны быть использованы только при оценке наличия загрязнения водного объекта. Однако процедуры утверждения проходит проект приказа Минприроды России, в соответствии с которым при отсутствии фонового показателя качества воды водного объекта, определяемого территориальными органами Росгидромета, допустимо применять лабораторные исследования отобранных проб природной воды до 500 метров выше места сброса сточных вод, проводимые организацией, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации [9]. Подобные изменения существенны и устраняют несоответствие позиции Росгидромета и Росприроднадзора содержанию методики (в части примеров расчета вреда, размещенных в приложении к методике).

В некоторых случаях назначение коэффициентов в процессе исчисления вреда также вызывает неопределенность по причине отсутствия комментариев к различным случаям и условиям причинения вреда в тексте Методики. В некоторых же случаях сомнения вызывает обоснованность значений коэффициентов, установленных самой Методикой. Так, применение коэффициента, учитывающего природно-климатические условия в зависимости от времени года, не дифференцировано по климатическим зонам Российской Федерации, что было бы логично, учитывая, что гидрологический год в разных зонах наступает в разное время.

Заключительным этапом оценки вреда является возможное уменьшение его суммы на величину фактических затрат на выполнение мероприятий по предупреждению сверхнормативного или сверхлимитного (при его наличии) сброса вредных (загрязняющих) веществ. Вопрос зачета/незачета затрат также зачастую относится к оспариваемым обстоятельствам. Методикой установлено, что фактические затраты на выполнение мероприятий по предупреждению сверхнормативного или сверхлимитного (при его наличии) сброса вредных (загрязняющих) веществ и ликвидации загрязнения водного объекта или его части документально подтверждаются виновной стороной, а их обоснованность проверяется органом исполнительной власти, осуществляющим государственный контроль и надзор за использованием и охраной водных объектов. То есть, затраты должны быть не только подтверждены, но и должна быть проверена их обоснованность. Некоторые надзорные органы отказываются подтверждать обоснованность затрат, ссылаясь на отсутствие порядка проведения такой работы. Другие формируют комиссию по рассмотрению вопросов, связанных с принятием заключения о возможности зачета сумм, определенных исходя из фактических затрат. Работа такой комиссии состоит в том, что оценивается эффективность мероприятий, с точки зрения сокращения сброса именно тех вредных веществ, по которым произведен расчет вреда. В результате, чаще всего признается эффективность только части производимых ответчиком затрат.

Ответчик, как правило, заинтересован в возмещении вреда, путем осуществления восстановительных работ. П. 17 Постановления Пленума Верховного Суда РФ от 30.11.2017 № 49 «О некоторых вопросах применения законодательства о возмещении вреда, причиненного окружающей среде» установлено, что при решении вопроса об удовлетворении требования о возмещении вреда в натуре, то есть выполнения восстановительных работ (мер), в судебном разбирательстве определяется: является ли принятие мер, направленных на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, объективно возможным. В случае, если восстановление состояния окружающей среды, существовавшее до причинения вреда, в результате проведения восстановительных работ возможно лишь частично (в том числе в силу наличия невосполнимых и (или) трудновосполнимых экологических потерь), возмещение вреда в соответствующей оставшейся части осуществляется в денежной форме. Также п 18 Постановления № 49 установлено, что возможность возложения на ответчика обязанности по восстановлению нарушенного состояния окружающей среды поставлена в зависимость от наличия проекта восстановительных работ, разработанного и утвержденного с соблюдением требований действующего законодательства. При отсутствии такого проекта суд выносит решение о возмещении вреда в денежной форме.

Таким образом, перечень оспариваемых вопросов в ходе судебных разбирательств достаточно обширен, обусловлен не только правовыми, но и методическими недостатками. Следует признать, что законопроектная работа по основным перечисленным недостаткам методического подхода к расчету вреда проводится уже на сегодняшний день.

Направления развития механизма возмещения и методологии расчета вреда

Деятельность Минприроды России по совершенствованию методологии расчета суммы вреда водным объектам предусматривает внесение изменений в Методику исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства, утвержденную приказом Минприроды России от 13.04.2009 № 87, направленных на [9]:

- уточнение определения коэффициента индексации $K_{ин}$, учитывающего инфляционную составляющую экономического развития, который определяется на год причинения вреда водному объекту;
- уточнение определения коэффициента $K_{дл}$, учитывающего длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект, в

том числе в части завершения такого периода моментом окончания ликвидации загрязнения;

- дополнение Методики формулой исчисления размера вреда, причиненного ледяному (снежному) покрову водных объектов в результате несанкционированного сброса сточных вод, загрязнения их нефтепродуктами, ядохимикатами и другими вредными веществами;
- корректировку значений коэффициента K_B , учитывающего экологические факторы (состояние водных объектов), в части увеличения значений коэффициента K_B для северных рек, северных морей и озера Байкал;
- изменение и уточнение порядка возмещения фактических затрат водопользователя, понесенных на выполнение мероприятий по ликвидации загрязнения (засорения) и восстановления состояния водного объекта или его части в результате аварии и иных случаях в части детализации таких затрат, подлежащих учету при исчислении размера вреда, а также исключения возможности «двойного» возмещения фактических затрат на выполнение мероприятий по строительству (реконструкции) очистных сооружений как при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду, так и при исчислении размера вреда, причиненного водному объекту.

В свою очередь, Росприроднадзор предполагает пересмотреть перечень веществ, для которых установлены технологические нормативы, в том числе включив широко используемые ингредиенты, специфичные для хозяйственно-бытовых сточных вод (СПАВ, сульфаты, хлориды, железо, нефтепродукты), а также ингредиенты, специфичные для поверхностных сточных вод при использовании противогололедных и моющих реагентов (сульфаты, хлориды, СПАВ) [10].

Целесообразным продолжением совершенствования механизма возмещения вреда, по мнению автора, должны быть:

- введение в текст методики ключевых понятий «вред водному объекту», «загрязнение водного объекта», «механизм причинения вреда», на основании которых оценивается правомерность применения методики для определения размера вреда. Отсутствие указанных понятий, но их использование при описании общих принципов и самое главное – порядка исчисления размера вреда, является поводом судебных тяжб с одновременной возможностью обоснования позиций обеих сторон судебных споров;
- внесение дополнений относительно порядка установления факта загрязнения водного объекта, которое будет являться подтверждением нарушения водного законодательства и установления механизма причинения вреда;
- внесение дополнений и разъяснений в положения раздела III методики в отношении процедур определения отдельных элементов расчета. В некоторых случаях, определение коэффициентов именно в ходе исчисления вреда вызывает затруднения при расчете. Например, коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, для периода рассмотрения, выпадающего на несколько времен года; продолжительность сброса сточных вод с повышенным содержанием веществ, при периоде исчисления вреда более года и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства».

3. Постановление Пленума Верховного суда Российской Федерации № 49 от 30 ноября 2017 г. «О некоторых вопросах применения законодательства о возмещении вреда, причиненного окружающей среде».
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ.
5. ГОСТ Р 58556-2019 «Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций».
6. Отчет по итогам проведения публичных обсуждений результатов правоприменительной практики территориальными органами Росприроднадзора во втором полугодии 2020 года [Электронный ресурс]. 2021. – URL: <https://rpn.gov.ru/upload/iblock/21a/%D0%9F%D0%9E%D0%9F%D0%9F%D0%9F%D0%B2%D0%BE%20%D0%BE%D0%BC%20%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%B8%202020.pdf> (дата обращения 15.04.2021).
7. Крутикова К.В. Практика применения методики исчисления размера вреда водным объектам при нарушении водного законодательства // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 4. С. 119–129.
8. РД 52.24.622–2017 «Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод».
9. Проект приказа Минприроды России «О внесении изменений в Методику исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства, утвержденную приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 13 апреля 2009 г. № 87» / Федеральный портал проектов нормативных правовых актов Официальный сайт для размещения информации о подготовке федеральными органами исполнительной власти проектов нормативных правовых актов и результатах их общественного обсуждения [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: <https://regulation.gov.ru/projects#> (дата обращения 15.04.2021).
10. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования № 101 от 11.03.2021 «Об утверждении доклада Федеральной службы по надзору в сфере природопользования об осуществлении государственного контроля (надзора), муниципального контроля в соответствующих сферах деятельности и об эффективности такого контроля за 2020 год».

**ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В НАЦИОНАЛЬНЫЕ
СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПРИМЕРЕ
ЗАДАЧ 6.3-6.5 ЦУР 6**

Кулаков А.Ю., Дубенок С.А.

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: kulakov1@tut.by, dsnega@list.ru

Ключевые слова: цели устойчивого развития, водные ресурсы, водопользование, сточные воды, государственный водный кадастр.

В публикации представлены результаты имплементации в Республике Беларусь целей устойчивого развития, затрагивающих вопросы устойчивого использования и охраны водных ресурсов. Приведен национальный опыт разработки и внедрения методик формирования и мониторинга показателей по задачам ЦУР 6.3-6.5, возможности использования показателей ЦУР 6 в качестве индикаторов для оценки успешности выполнения поставленных задач в области использования и охраны вод в государственных и отраслевых программах и стратегиях.

**IMPLEMENTATION OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OBJECTIVES IN
NATIONAL STRATEGIC DOCUMENTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS WITH SDG
6.3-6.5 AS A STUDY CASE**

Kulakov. A.Y., Dubianok S.A.

RUE «Central Research Institute for Complex Use of Water Resources»
e-mail: kulakov1@tut.by, dsnega@list.ru

Keywords: sustainable development objectives, water resources, water use, wastewater, state water cadastre.

The publication presents the results of the implementation of the Sustainable Development Objectives related to sustainable use and protection of water resources in the Republic of Belarus. It presents the national experience of developing and implementing the methodologies for forming and monitoring indicators for SDG 6.3-6.5 and the possibility to use SDG 6 indicators as indicators for assessing the success of achieving the set objectives in the field of water use and protection in state and sectoral programmes and strategies.

Республика Беларусь в настоящее время активно ведет работу по реализации целей устойчивого развития (ЦУР), принятых Генеральной Ассамблеей ООН в резолюции A/RES/70/1 от 25 сентября 2015 г. о новой повестке дня в области устойчивого развития на период 2016-2030 гг. – «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (Повестка-2030).

Повесткой-2030 определены 17 ЦУР и 169 соответствующих задач (от 2 до 20 в рамках каждой ЦУР), подтверждены обязательства стран в отношении глобального партнерства в целях развития и определены базовые принципы отчетности по осуществлению ЦУР на международном уровне.

Принятие Повестки-2030 потребовало от государств пересмотра и конкретизации национальных планов и механизмов достижения устойчивого развития, создания национальных систем мониторинга прогресса в достижении ЦУР и формирования национальной отчетности.

В Республике Беларусь в целях формирования механизма реализации Повестки-2030 и осуществления общей координации деятельности по достижению ЦУР Указом Президента Республики Беларусь от 25.05.2017 г. № 181 «О национальном координаторе по достижению целей устойчивого развития» принято решение о назначении Национального координатора по достижению ЦУР на уровне заместителя Председателя Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь. Национальный координатор курирует процесс достижения ЦУР на национальном уровне и осуществляет общую координацию усилий всех вовлеченных сторон, а также представляет Беларусь по этому вопросу в ООН.

Под руководством Национального координатора в 2017 г. сформирован Совет по устойчивому развитию, в который вошли представители 38 госорганов и иных организаций, представители региональных властей, определенных ответственными за реализацию ЦУР. Совет по устойчивому развитию является совещательным и консультативным органом и его заседания созываются Национальным координатором по мере необходимости, но не реже одного раза в год.

При Совете по устойчивому развитию созданы межведомственные рабочие группы по трем основным направлениям: экономическому, социальному, экологическому, которые возглавляют заместители руководителей соответствующих профильных министерств. Для территориальной координации деятельности созданы региональные рабочие группы, возглавляемые членами Совета по устойчивому развитию – заместителями председателей облисполкомов и Минского горисполкома. Предусмотрена возможность привлечения к работе Совета представителей деловых кругов, общественных объединений и международных организаций. Национальный координатор организует в рамках Совета рассмотрение различных аспектов выполнения ЦУР и ежегодно докладывает Президенту и Правительству о прогрессе выполнения ЦУР.

Приоритетное внимание уделяется координации действий между органами госуправления и выработке политики, основанной, прежде всего, на научном подходе и накопленной статистической информации для оценки имеющихся тенденций в области устойчивого развития по направлениям ЦУР. Поскольку прогресс в достижении ЦУР во многом зависит от качественных, доступных, своевременных и надежных дезагрегированных данных, координация работы по формированию национальной системы показателей для мониторинга достижения ЦУР закреплена за Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь (Белстат).

В 2015-2016 гг. Белстатом совместно с иными органами госуправления рассмотрены показатели глобального перечня ЦУР в соответствии с компетенцией государственных органов (организаций), а также сформированы показатели, предложенные в качестве альтернативных при отсутствии необходимой информации или методологии для мониторинга глобальных показателей – прокси. При определении прокси показателей основным условием являлось поддержание общего контекста задачи и показателя соответствующей ЦУР.

В результате потенциал данных по ЦУР включает 225 показателей глобального перечня, признанных актуальными для Республики Беларусь: 131 показатель соответствуют глобальным показателям ЦУР и 94 показателя заменены и/или дополнены прокси-показателями [1].

В 2018 г. Белстатом разработана Дорожная карта по разработке статистики по Целям устойчивого развития, в соответствии с которой 26 госорганов (организаций) являются в соответствии с компетенцией ответственными за формирование национального перечня показателей по достижению ЦУР. При этом методологические подходы по формированию тех или иных показателей закреплены за профильными органами госуправления (организациями), ответственными за реализацию той или иной ЦУР. В настоящее время основой для расчета национальных показателей ЦУР по большинству задач являются, в первую очередь, данные государственной статистики.

Национальный перечень показателей ЦУР актуализируется Белстатом по мере разработки метаданных и с учетом предложений госорганов (организаций), ответственных за реализацию конкретных ЦУР.

Мониторинг всех определенных на национальном уровне показателей ЦУР в соответствии с Дорожной картой осуществляется путем совместной работы органов госуправления и местных властей, а также привлечения к этой деятельности неправительственных и международных партнеров.

С 2019 г. для обеспечения представления информации по показателям ЦУР как на национальном, так и на международном уровне в открытом доступе по адресу <http://sdgplatform.belstat.gov.by/sites/belstatfront/home.html> функционирует Национальная платформа по представлению отчетности по ЦУР, созданная Белстатом.

В Республике Беларусь практически все экологические ЦУР и, соответственно, большинство задач в рамках их реализации, закреплены за Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды (Минприроды) целиком или совместно с иными республиканскими органами госуправления.

Из 17 ЦУР восемь имеют экологический аспект, четыре непосредственно относятся к задачам охраны окружающей среды и рационального природопользования (ЦУР 6, 13, 14 и 15), при этом две из них – ЦУР 6 «Обеспечение наличия и рациональное использование водных ресурсов и санитарии для всех» и ЦУР 14 «Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития», – прямо соответствуют задачам устойчивого водопользования и охраны водных ресурсов. При этом, исходя из физико-географического положения Республики Беларусь (отсутствие выхода к морю), ЦУР 14 по большинству сформулированных в ней задач признана неактуальной для страны. Соответственно, основным направлением в области использования и охраны вод является имплементация ЦУР 6, формулировка национальных задач и индикаторов для оценки прогресса достижения поставленных задач.

В 2019 г. РУП «ЦНИИКИВР» проведена подготовка национальных методик формирования (расчета) шести показателей (6.3.1, 6.3.2, 6.4.1, 6.4.2, 6.5.1 и 6.5.2) по задачам 6.3-6.5 ЦУР 6 и запуску процесса регулярного мониторинга рассматриваемых показателей (табл. 1).

Табл. 1. Показатели, определенные на национальном уровне для оценки прогресса достижения задач 6.3-6.5 ЦУР 6

Задача	Показатель
ЗАДАЧА 6.3. К 2030 году повысить качество воды посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сброса отходов и сведения к минимуму сбросов опасных химических веществ и материалов, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования сточных вод во всем мире	6.3.1 Доля безопасно очищаемых сточных вод
	6.3.2.1 Доля поверхностных водных объектов, которым присвоен «хороший» и выше экологический (гидробиологический) статус
ЗАДАЧА 6.4. К 2030 году существенно повысить эффективность водопользования во всех секторах и обеспечить устойчивый забор и подачу пресной воды для решения проблемы нехватки воды и значительного сокращения числа людей, страдающих от нехватки воды	6.4.1 Динамика изменения эффективности водопользования
	6.4.2 Интенсивность использования запасов пресной воды (водный стресс)
ЗАДАЧА 6.5. К 2030 году обеспечить комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях, в том числе, при необходимости, на основе трансграничного сотрудничества	6.5.1 Степень внедрения комплексного управления водными ресурсами (от 0 до 100)
	6.5.2 Доля площади трансграничных водных бассейнов, в отношении которых действует механизм трансграничного водного сотрудничества

По результатам формирования национальных методик определен и обоснован уровень агрегации по каждому из рассматриваемых показателей, а также периодичность их формирования (таблица 2).

Таблица 2. Наименование показателей на национальном уровне, периодичность представления и уровень агрегации

Наименование национального показателя ЦУР 6	Периодичность формирования	Уровень агрегации показателя
6.3.1 Доля безопасно очищаемых сточных вод	ежегодно	республика; области и г. Минск; речные бассейны; виды экономической деятельности (укрупненно)
6.3.2.1 Доля поверхностных водных объектов, которым присвоен «хороший» и выше экологический (гидробиологический) статус	один раз в два года (начиная с 2016 г.) – республика; и ежегодно по речным бассейнам, по которым в отчетном году осуществлялись наблюдения	республика; речные бассейны
6.4.1 Динамика изменения эффективности водопользования	ежегодно	республика; области и г. Минск; виды экономической деятельности (укрупненно)
6.4.2 Интенсивность использования запасов пресной воды (водный стресс)	ежегодно	республика; речные бассейны
6.5.1 Степень внедрения комплексного управления водными ресурсами (от 0 до 100)	один раз в три года (начиная с 2017 г.)	республика
6.5.2 Доля площади трансграничных водных бассейнов, в отношении которых действует механизм трансграничного водного сотрудничества	ежегодно	республика

Разработанные методики согласованы с Белстатом и иными заинтересованными органами госуправления и организациями, рассмотрены на заседании Межведомственной экспертной группы по экологическому направлению работы по достижению ЦУР и утверждены решением Коллегии Минприроды [1].

В отношении показателей, формируемых в Минприроды, создана система обмена информацией между подведомственными организациями Минприроды, ответственными за формирование рассматриваемых показателей по достижению задач 6.3-6.5 ЦУР 6.

Утвержденные методики внедрены в информационную систему Государственного водного кадастра (ГВК) для автоматизации расчета показателей по задачам 6.3-6.5 ЦУР 6 и последующего размещения данных на Национальной платформе по представлению отчетности по ЦУР по различным уровням агрегации (страновой, территориально-административный, бассейновый).

В настоящее время РУП «ЦНИИКИВР» проводится регулярный расчет национальных показателей 6.3.1, 6.4.1, 6.4.2, 6.5.1 и 6.5.2 с предоставлением данных в Белстат (в соответствии с Соглашением об информационном взаимодействии между Белстатом и Минприроды) для последующего размещения этих данных на Национальной платформе предоставления отчетности по ЦУР.

Очевидно, что для успешной реализации задач ЦУР 6 эти задачи должны быть имплементированы в существующие и будущие национальные стратегические документы, затрагивающие вопросы рационального использования и охраны водных ресурсов, а соответствующие им показатели целесообразно включать в качестве индикаторов для оценки успешности выполнения поставленных задач и стратегических документов в целом.

В Республике Беларусь развитие национальной водной политики проводится в соответствии со следующими основными стратегическими документами:

- Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 года (НСУР-2030) [2];
- Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года [3];
- Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года.

В настоящее время ведется разработка всех вышеперечисленных документов на более долгосрочный период, что создает хорошие возможности для включения показателей выполнения задач 6.3-6.5 ЦУР 6 в соответствующие стратегии, программы и планы.

Согласно разработанному Министерством экономики проекту Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года (НСУР-2035) стратегическая цель в области сохранения водного потенциала страны состоит в повышении эффективности использования и охраны водных ресурсов, улучшении их качества в соответствии с потребностями общества и возможным изменением климата. В проекте НСУР-2035 отмечено, что «цели, задачи, инструменты и механизмы реализации ключевых стратегических направлений, обеспечивающих устойчивое развитие Республики Беларусь, сформулированы с учетом достижения Целей устойчивого развития Повестки-2030».

Минприроды сформулированы предложения по включению отдельных задач ЦУР 6 в основные стратегические документы, затрагивающие вопросы устойчивого использования водных ресурсов. В частности, отдельные показатели задач 6.3-6.5 ЦУР 6 можно использовать в качестве индикаторов эффективности выполнения задач в области использования и охраны вод в разрабатываемой НСУР-2035 (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 мая 2018 г. № 392 «О разработке проекта Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года») [4].

Практически все показатели задач 6.3-6.5 ЦУР 6 вошли в качестве индикаторов выполнения конкретных задач Стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года (Водная стратегия до 2030 года) [5].

В проекте Водной стратегии до 2030 года основной акцент в управлении водными ресурсами сделан на достижение долгосрочной водной безопасности, предусматривающей обеспечение населения питьевой водой нормативного качества, надежное водообеспечение отраслей экономики в требуемых объемах и безопасное отведение производственных сточных вод. Также важной задачей в сфере охраны поверхностных водных объектов является реабилитация водных объектов с плохим и удовлетворительным экологическим статусом и достижение ими «хорошего» экологического состояния (статуса). В 2020 г. проект Водной стратегии до 2030 г. прошел процедуру стратегической экологической оценки (СЭО) и будет утвержден в 2021 г.

Возможность использования различных уровней агрегации показателей позволяет в дальнейшем их использовать не только в качестве целевых показателей для государственных и отраслевых программ и стратегий, но и применять эти показатели в качестве целевых индикаторов для оценки успешности реализации различных водохозяйственных и водно-экологических задач как на территориальном, так и на бассейновом уровне, использовать при разработке планов управления речными бассейнами (ПУРБ), при проведении региональных оценок водноресурсного потенциала и экологического состояния водных объектов.

На региональном (бассейновом) уровне отдельные показатели задач ЦУР 6 включаются в разрабатываемые планы управления речными бассейнами (ПУРБ) [6]. Проект ПУРБ Припяти, разработанный РУП «ЦНИИКИВР» в 2018 г. и затем уточненный и обновленный в 2019-

2020 гг., содержит наряду с другими целевыми показателями эффективности предлагаемых мероприятий в бассейне реки Припять и показатели задач ЦУР 6.3.1 и 6.4.2.

Возможная интеграция показателей по задачам 6.3-6.5 ЦУР 6 и предложения по включению показателей в существующие и разрабатываемые государственные стратегии и программы, а также прогнозные значения показателей по задачам 6.3-6.5 ЦУР 6 представлена в таблице 3.

Таблица 3. Варианты национализации показателей по задачам 6.3-6.5 ЦУР 6 в национальных стратегических документах Республики Беларусь

Показатель	Планы по национализации (в какую программу, план, стратегию планируется включить показатель для мониторинга); Значение показателя по годам		
6.3.1 Доля безопасно очищаемых сточных вод	Стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года (проект); Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года (проект); НСУР-2035 (проект); ГП «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021-2025 гг.		
	2025 г. – 91 %	2030 г. – 92 %	2035 г. – 93 %
6.4.2 Интенсивность использования запасов пресной воды (водный стресс)	Стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года (проект); Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года (проект).		
	поддерживание до 2035 г. – менее 10% (слабый).		
6.5.1 Степень внедрения комплексного управления водными ресурсами (от 0 до 100)	Стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года (проект)		
	2025 г. – 80 %	2030 г. – 100 %	2035 г. – 100 %
6.5.2 Доля площади трансграничных водных бассейнов, в отношении которых действует механизм трансграничного водного сотрудничества	Стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года (проект); Стратегии в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года (проект); ГП «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021-2025 гг.		
	2025 г. – 78 %	2030 г. – 100 %	2035 г. – 100 %.

Республикой Беларусь проводится также значительная работа в части реализации обязательств по международным соглашениям, затрагивающим вопросы рационального использования и охраны вод, основными из которых являются:

- Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинская Конвенция), вступила в силу для Республики Беларусь 27 августа 2003 г. Конвенция является единственным действующим международно-правовым инструментом рамочного характера в области трансграничных пресных водных ресурсов;
- Протокол по проблемам воды и здоровья (ПВЗ) к Хельсинской Конвенции вступил в силу для Республики Беларусь 22 апреля 2009 г. Целью Протокола является содействие на всех уровнях (национальном, региональном и международном) охране здоровья и благополучия человека в рамках устойчивого развития путем совершенствования управления водохозяйственной деятельностью, включая охрану водных экосистем и сокращение степени распространения заболеваний, связанных с водой.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 31.03.2009 № 159 Минздрав и Минприроды определены органами, ответственными за выполнение обязательств, принятых Республикой Беларусь по ПВЗ. Реализация положений ПВЗ осуществляется путем установления и публикации национальных и/или местных целевых показателей в отношении норм и уровней результативности, которые необходимо достигать или поддерживать для обеспечения высокого уровня защиты от заболеваний, связанных с водой (основные проблемные области перечислены в п.2 статьи 6 ПВЗ). Каждая страна самостоятельно определяет области, в которых ей необходимо установить целевые показатели.

Поскольку ПВЗ непосредственно ориентирован на охрану здоровья и благополучия человека в рамках устойчивого развития, очевидна его связь с ЦУР (ЦУР 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 15, 16 и 17). При этом наиболее тесная взаимосвязь прослеживается с ЦУР 3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте» и ЦУР 6 «Обеспечить наличие и рациональное использование водных ресурсов и санитарии для всех».

В 2020 г. Республика Беларусь актуализировала национальные целевые показатели для реализации ПВЗ, при этом комплекс мер по реализации ПВЗ на период до 2030 года максимально увязан с показателями задач ЦУР 3 и ЦУР 6.

В целом, принятие методик формирования и запуск процесса регулярного мониторинга рассматриваемых показателей (индикаторов) ЦУР 6 внесло заметный вклад в улучшение базы данных для принятия управленческих решений, в том числе по своевременному выполнению задач 6.3-6.5 ЦУР 6 в Республике Беларусь, как составной части водной политики и политики социально-экономического развития страны; создало основу для мониторинга выполнения конкретных задач будущей Водной стратегии страны в контексте изменения климата до 2030 года, которые сформулированы в терминах ЦУР 6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубенок С. А., Кулаков А. Ю. Имплементация показателей целей устойчивого развития, связанных с водой: опыт Республики Беларусь. Минск: Четыре четверти, 2020. 124 с.
2. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г.: одобрена протоколом заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017 г. № 10.
3. Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года: одобрена решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 28.01.2011 № 8-Р.
4. О разработке проекта Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года: утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 мая 2018 г. № 392.
5. Стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года (проект). URL: <https://minpriroda.gov.by/ru/news-ru/view/priglashaem-k-obsuzhdeniju-proekta-strategii-upravlenija-vodnymi-resursami-v-uslovijax-izmenenija-klimata-na-3096/> (дата обращения 25.06.2021).
6. План управления бассейном реки Припять (проект). URL: http://www.cricuwr.by/plan_pr/ (дата обращения 25.06.2021).

РЕКА УРАТЬМА КАК ПРИМЕР НЕСОБЛЮДЕНИЯ ВОДНОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Мутыгуллина Ю.В., Урбанова О.Н., Горшкова А.Т.,
Бортникова Н.В., Рыков Р.А.**

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
г. Казань, Россия
e-mail: juliagorbunova18@mail.ru

Ключевые слова: Водный кодекс Российской Федерации, водоохранная зона, прибрежная защитная полоса, общедоступная береговая полоса, загрязнение вод.

Для защиты водных объектов от загрязнения и истощения Водным Кодексом Российской Федерации предусмотрена водоохранная зона, в составе которой выделяется прибрежная защитная полоса и береговая полоса общего пользования. Для данных территорий предусмотрен ряд ограничений их использования. На примере р. Уратьма, левого притока Камского залива Куйбышевского водохранилища, протекающей по Нижнекамскому муниципальному району Республики Татарстан, показаны случаи несоблюдения правил использования водоохранных зон.

THE URATMA RIVER AS AN EXAMPLE OF INFRINGEMENT OF THE WATER CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Mutygullina Y.V., Urbanova O.N., Gorshkova A.T., Bortnikova N.V., Rykov R.A.

Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of
Sciences, Kazan, Russia
e-mail: juliagorbunova18@mail.ru

Keywords: Water Code of the Russian Federation, water protection zone, coastal shelter belts, public foreshore, water pollution.

To protect water bodies from pollution and depletion, the Water Code of the Russian Federation provides for a water protection zone, which includes a coastal shelter belts and public foreshore. There is a number of restrictions on their use for these territories. Cases of non-compliance with the rules for the use of water protection zones are shown with the Uratma River, the left tributary of the Kama Bay of the Kuibyshev Reservoir, flowing through the Nizhnekamsk municipal district of the Republic of Tatarstan as a study case.

Важным правом граждан Российской Федерации (РФ) является возможность доступа к водным объектам и бесплатное их использование для личных и бытовых нужд [1]. Однако существует специальный режим, который накладывает ряд существенных ограничений на пользование водными объектами и прилегающими к ним территориями. Объекты недвижимости и земельные участки вблизи водных объектов должны использоваться соответственно нормам Водного кодекса РФ (ВК РФ), в противном случае пользователям могут грозить штрафные санкции, вплоть до уголовной ответственности.

Согласно положениям ВК РФ по берегам всех водных объектов страны устанавливаются особые зоны с определенными правилами поведения внутри них: водоохранная зона, прибрежная защитная полоса и береговая полоса общего пользования.

Водоохранная зона – это самая значимая защитная полоса, ширина которой зависит от протяженности водотока и составляет от 30 м (протяженность реки менее 10 км) до 500 м (водоохранная зона моря) (Ст. 65 п. 4, 8 ВК РФ).

Прибрежная защитная полоса устанавливается в границах водоохранной зоны и, если протяженность реки менее 10 км, то эта полоса совпадает с водоохранной зоной. На территории прибрежной защитной полосы вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности. Ширина прибрежной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет 30 м для обратного или нулевого уклона, 40 м для уклона до 3 градусов и 50 м для уклона 3 и более градуса. Для водных объектов, имеющих особо ценное рыбохозяйственное значение, ширина прибрежной защитной полосы составляет 200 метров и не зависит от уклона местности (Ст. 65 п. 11, 13 ВК РФ).

Береговая полоса общего пользования – это наиболее близкая к береговой линии водного объекта полоса земли, предназначенная для общего пользования. Ширина береговой полосы варьируется от 5 до 20 м и зависит от протяженности и размеров водного объекта (Ст. 6 п. 6 ВК РФ). На данном участке не должно быть заграждений, которые мешают проходу граждан к водному объекту.

Река Уратьма, протекающая на территории Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан, является левым притоком Камского залива Куйбышевского водохранилища. Протяженность реки, согласно Государственному водному реестру, равна 53 км, водосборная площадь 310 км². В реестре река зарегистрирована под кодом 11010000312112100003425 [2]. В связи с созданием Куйбышевского водохранилища длина реки сократилась и в настоящее время составляет 40,7 км при площади водосбора в 278,1 км² [3]. Уратьма имеет довольно разветвленную речную сеть. Из 12 ее притоков самым крупным является река Порость (Прось), длина которой составляет 18 км при водосборной площади 72,2 км². Остальные притоки р. Уратьма имеют протяженность от 1,2 до 7,0 км.

Водоохранная зона р. Уратьма составляет 200 м. Поскольку прибрежная защитная полоса устанавливается в зависимости от уклона берегов, а он по длине р. Уратьма разный, то установить ее ширину для реки в целом проблематично, поэтому необходимо рассматривать конкретные участки. Однако общедоступная береговая полоса для реки составляет 20 м. Для р. Порость, крупного притока р. Уратьма, водоохранная зона назначается в размере 100 м, прибрежная защитная полоса до 30 м, а береговая полоса общего пользования до 20 м. Для всех остальных притоков р. Уратьма назначены 50-ти метровая водоохранная зона и 5-ти метровая прибрежная береговая полоса.

В бассейне р. Уратьма расположено 10 населенных пунктов, в которых проживает около 3,5 тыс. человек. Вдоль Уратьмы расположены с. Верхняя Уратьма, д. Макаровка, с. Шакшино, с. Нижняя Уратьма, с. Шереметьевка и пос. Поповка. А д. Николаевка, пос. Камский, д. Нариман и с. Смыловка лежат на притоках р. Уратьма. Население, проживающее в данных населенных пунктах, использует в своей жизнедеятельности как водные ресурсы реки, годовой объем которых составляет 29,6 млн м³, так и земельные ресурсы бассейна. Процесс использования часто проходит с несоблюдением правил Водного кодекса РФ, которые нарушаются в девяти из десяти населенных пунктов. Исключение составляет д. Николаевка, не имеющая нарушений, так как в ней остался один жилой дом, в котором проживает всего 4 чел.

Нарушение правил использования водоохранных зон, прибрежных защитных и береговых полос наблюдаются уже в самых верховьях реки, в районе с. Верхняя Уратьма. Здесь, рядом с протекающей рекой, распаханно два поля под посев сельскохозяйственных культур, минимальная граница от края которых до уреза воды составляет всего 18 м. Берег реки на данной территории крутой, более 3 градусов, следовательно, прибрежная защитная полоса должна быть не менее 50 м (рис. 1а).



Рис. 1. Примеры несоблюдения Водного Кодекса РФ на местности.

Такие пашни, подходящие почти вплотную к рекам, встречаются вдоль всей р. Уратьма и ее притоков, что противоречит ст. 65 п. 17 ВК РФ, запрещающей распашку земель, которая приводит к смыву почв, эрозии земель и заилению русел рек, в границах прибрежных защитных полос.

В с. Верхняя Уратьма занимаются и разведением крупного рогатого скота, стада которого летом содержат около реки (рис. 1б). Это прямое нарушение водоохранного законодательства, так как выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей на территории прибрежных защитных полос запрещена.

Подобные нарушения отмечены на территории д. Макаровка и с. Шереметьевка. В с. Шереметьевка в водоохранной зоне р. Уратьма находится часть территории фермы крупного рогатого скота. Это возможно, но должны соблюдаться определенные условия размещения фермы, в частности, она должна быть оборудована сооружениями, обеспечивающими охрану реки от загрязнения, засорения, заиления и истощения. Но в настоящее время ферма не оснащена специальными резервуарами для складирования и временного хранения отходов животноводства и не имеет возможности безопасного вывоза либо переработки этих отходов, что влечет за собой загрязнение поверхностных вод. Кроме того, местные жители села неоднократно обращались в «Народный контроль» по вопросу нахождения в реке Уратьма мертвых животных (коров и свиней) [4].

Нарушения водоохранного законодательства отмечены и в личных хозяйствах населения, проживающего вдоль реки. Публичная кадастровая карта, на которой отражены границы всех личных земельных участков, показывает, что они полностью лежат в пределах водоохранной зоны, прибрежной защитной и общедоступной береговой полосы, и даже пересекают саму реку [5]. Владельцы этих земельных участков раскапывают (распахивают) свои огороды вплоть до уреза воды, чем нарушают правила использования побережий (рис. 1в).

В районе д. Макаровка находится несанкционированный необорудованный переезд через русло р. Уратьма, что является грубым нарушением ст. 65 п. 15, запрещающей движение и стоянку транспортных средств (кроме специальных) в границах водоохранных зон. Подобные нарушения встречаются по всей длине как самой р. Уратьма, так и ее притоков (рис. 1г).

Так, рядом с с. Смыловка, лежащем на р. Порость, отмечены припаркованные автомобили в непосредственной близости к реке, скорее всего автомобили отдыхающих и рыбаков (рис. 1д). Несмотря на то что в статье 6 пункт 8 ВК РФ отмечено право каждого гражданина на пользование береговой полосой водных объектов общего пользования для передвижения и пребывания около них, но это возможно только без использования механических транспортных средств. В данном случае наличие автомобилей в непосредственной близости к реке является несоблюдением водоохранного законодательства что, к сожалению, очень губительно для водного объекта. Транспортные средства, независимо от их экологического класса, являются источниками загрязнения. Находясь на рыхлом увлажненном грунте, они могут вызвать его оседание, уплотнение и, как следствие, сползание в реку, вызывая ее заиление и постепенное заболачивание.

Вдоль р. Порость расположено большое количество баз отдыха. Их арендаторы, к сожалению, не соблюдают правила эксплуатации земельных участков. Базы отдыха, расположенные на левом берегу р. Порость, загородили свои территории, включив в них общедоступную береговую полосу, составляющую 20 м для данного водного объекта (рис. 2а). Река Порость протекает по левосторонней пойме р. Кама, местность которой является заболоченной и склонной к подтоплениям в период половодья. Близкое к реке строительство объектов недвижимости, в данном случае летних домиков для отдыха, является небезопасным, так как возможно затопление территории, на которой они располагаются (рис. 2б). Помимо этого, весной и в моменты сильных летних дождей происходит снос в реку различных загрязняющих веществ и бытовых отходов с территорий баз отдыха, вызывая загрязнение реки.



Рис. 2. База отдыха на р. Порость: а) несоблюдение правил для общедоступной береговой полосы; б) территория базы отдыха в период подтопления.

На Публичной кадастровой карте показано расположение водоохранной зоны по правому берегу р. Порость и отсутствие таковой для части левого берега (рис. 3). Возникает вопрос – почему на данной территории не обозначена водоохранная зона, которая должна быть отбита по обоим берегам? Возможно, это связано с ландшафтным памятником природы регионального значения «Борковская дача», которая граничит с данной территорией. «Борковская дача», как и р. Порость, представляют собой часть поймы р. Кама с озерами и заболоченными низинами, пологий уступ с невысокими дюнами. Несмотря на то что часть границы памятника находится на отдалении от реки примерно около километра, эта территория способствует соблюдению водоохранного законодательства и в отношении реки.

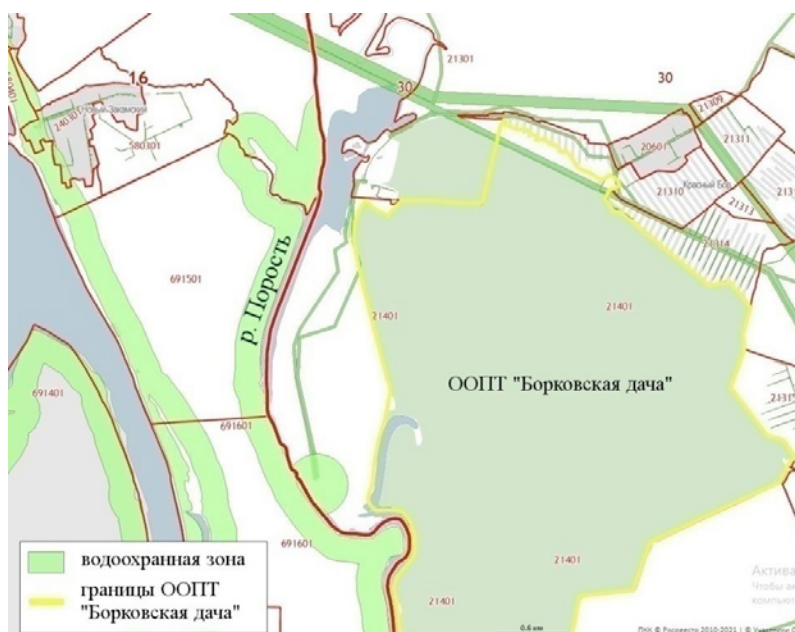


Рис. 3. Водоохранная зона части р. Порость на Публичной кадастровой карте.

На р. Кшлау, левом притоке р. Уратьма, построены 2 пруда площадью водного зеркала 0.8 и 2.6 га, на левом берегу которых возведены постройки. Территория, включающая около 8,5 га площади земли, строения на ней и сама р. Кшлау, обнесена забором, который преграждает свободный проход к водному объекту (рис. 1е). Кшлау протекает по землям лесного фонда (Заинский лесхоз, Кушниковское участковое лесничество), предназначенным для заготовки древесины, живицы, сбора недревесных лесных ресурсов, лекарственных трав и др. Береговая полоса реки должна быть доступна для общего пользования, передвижения и пребывания около реки каждого желающего. Поэтому данный участок реки должен быть освобожден от загоронок на расстоянии 5 м от уреза воды по обоим берегам.

Что же касается прав доступа на общедоступную береговую полосу, то граждане вправе потребовать через органы прокуратуры и в судебном порядке свободный проход к водному объекту и использовать всю береговую линию безвозмездно и без ограничений. Ограждение береговой полосы во многих случаях является прямым нарушением действующего законодательства и может рассматриваться в качестве классического примера самоуправства. Информация об ограничении водопользования на водных объектах общего пользования предоставляется жителям соответствующих поселений органами местного самоуправления через средства массовой информации и посредством специальных информационных знаков, устанавливаемых вдоль берегов водных объектов. Могут быть также использованы иные способы предоставления такой информации.

Все вышеперечисленные нарушения Водного Кодекса РФ приводят к химическому и бактериальному загрязнению поверхностных вод. Мусор, промышленные и бытовые отходы, минеральные удобрения, смываемые с полей и животноводческих ферм, содержат в себе высокую концентрацию органических и биогенных элементов, способствующих эвтрофикации реки, что создает острые экономические и экологические проблемы.

В Республике Татарстан 6914 рек и 6621 озеро [3], на данный момент практически нет водных объектов с водой, качество которой относилось бы к I (очень чистые) и II (чистые) классу. Поверхностные воды республики имеют класс качества от умеренно загрязненных (III) до чрезвычайно грязных (VII). К сожалению, такая ситуация складывается в том числе и из-за несоблюдения правил, прописанных в Водном Кодексе РФ. Если на небольшой реке с двенадцатью притоками и десятью населенными пунктами фиксируется такое количество

нарушений, что же тогда происходит на реках с большей протяженностью? Пока предприятия и простые граждане республики не начнут ответственно относиться к правилам пользования водными объектами, а надзорные органы фиксировать нарушения и принимать соответствующие меры по их устранению, гидрографическая сеть будет деградировать. Использование водных объектов для бытовых и питьевых нужд станет невозможным без глубокой очистки вод, флора и фауна оскудеет, а рыболовство в реках станет только спортивным, так как употреблять рыбу в пищу станет опасно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 08.12.2020) // Собрание законодательства РФ. 05.06.2006. № 23. Ст. 2381.
2. Государственный водный реестр [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://textual.ru/gvr/>. Дата обращения: 04.02.2021.
3. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. Издание второе, переработанное и дополненное. Казань: Изд-во «Фолиант», 2015. 512 с. с илл.
4. «Народный контроль»: В реке под Нижнекамском найдены мертвые животные, жители просят предотвратить «эпидемию» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.business-gazeta.ru/news/323426>. Дата обращения: 05.02.2021.
5. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/>. Дата обращения: 01.02.2021.

**АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ АИС ГМВО ПО СОСТОЯНИЮ ДНА И БЕРЕГОВ
ВОДОХРАНИЛИЩ, НАХОДЯЩИХСЯ В ВЕДЕНИИ РОСВОДРЕСУРСОВ**

Носаль А. П., Гетманская О.В., Шубарина А.С.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и
охраны водных объектов», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: nosal_ap@mail.ru

Ключевые слова: водный объект, государственный мониторинг, донные отложения, морфоствор, берег водного объекта, водоохранная зона, состояние водного объекта, прогноз развития состояния водного объекта.

Работа посвящена морфологическому мониторингу водных объектов, оценке накопленной информации. В работе по имеющейся информации в части мониторинга дна и берегов водных объектов дано описание данных мониторинга, сделана оценка состояния и дан прогноз развития состояния водного объекта.

**ANALYSIS OF THE AIS GMVO INFORMATION CONCERNING THE STATE OF
BOTTOM AND BANKS OF RESERVOIRS SUPERVISED BY ROSVODRESOURSY**

Nosal A.P., Getmanskaya O.V., Shubarina A.S.

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and
Protection», Ekaterinburg, Russia
e-mail: nosal_ap@mail.ru

Keywords: water body, state monitoring, bottom sediments, morpho/range, water body bank, water protection zone, state of a water body, forecast of development of the state of a water body.

The work is devoted to the morphological monitoring of water bodies, the assessment of the accumulated information. Based on the available information in terms of monitoring the bottom and banks of water bodies, a description of the monitoring data is given, an assessment of the state is made and a forecast of the development of the state of a water body is given.

Государственный мониторинг водных объектов представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, разделенных на несколько частей: поверхностный и подземных вод, наблюдения за водохозяйственными системами, состояния дна, берегов и водоохранных зон водных объектов (гидроморфологический мониторинг).

Масштабный гидроморфологический мониторинг в основном осуществляется территориальными органами Росводресурсов и уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, начиная с 2008 г.

Основным банком текущих результатов наблюдений в настоящее время является автоматизированная система государственного мониторинга водных объектов (далее – АИС ГМВО) [1]. Остальные источники информации о состоянии водных объектов (информационные бюллетени бассейновых водных управлений, доклады субъектов Российской Федерации, информационно-аналитическая система ИАС 2-тп (водхоз) и др.) играют вспомогательную роль из-за региональных ограничений или узко ведомственной направленности [2–6]. Гидроморфологический мониторинг официально ведется в течение более десяти лет и теоретически должен принести первые практические результаты, для чего и выполнен настоящий анализ.

Территориальные органы Росводресурсов, согласно распоряжения Правительства Российской Федерации от 31.12. 2008 г. N 2054-р, ведут наблюдения по 72 водохранилищам, а также за прибрежными участками Азовского и Черного моря. Ежегодно наблюдения

ведутся на 80–94 % водных объектах из перечня. Ограниченность форм АИС ГМВО позволяет вносить очень сжатые результаты, более детальные данные приводятся в информационных бюллетенях.

В АИС ГМВО содержится информация о гидроморфологическом мониторинге 1363 водных объектов, выполненных по поручению органов исполнительной власти 62 субъектов Российской Федерации. Полнота данных существенно изменяется по территориям.

Оценка состояния дна и берегов водных объектов основывается на данных гидроморфологического мониторинга, последовательно выполняемого в течение достаточно продолжительного периода в закрепленных стационарных створах. Анализ информации АИС ГМВО показал, что результаты мониторинга субъектов из-за малой продолжительности и несовпадения створов наблюдений пока не позволяет провести обоснованную оценку состояния дна и берегов водного объекта.

Гидроморфологический мониторинг на водоемах, находящихся в ведении Росводресурсов, отличается в лучшую сторону продолжительностью и полнотой наблюдений. Объем накопленной информации позволяет сделать некоторые промежуточные оценки о состоянии дна и берегов данных водных объектов.

В качестве примера рассмотрены результаты наблюдений на Богучанском и Саяно-Шушенском водохранилищах, наблюдения за которыми ведутся с 2012 г.

Саяно-Шушенское водохранилище сформировалось в 1980–1987 гг. плотиной, расположенной на 3050 км от устья р. Енисей.

Водохранилище русловое, предгорного типа, его полезная емкость позволяет осуществлять суточное, недельное и годовичное регулирование стока. Используется комплексно в целях гидроэнергетики, хозяйственного и питьевого водоснабжения, предотвращения наводнений, а также рекреации (рис. 1).

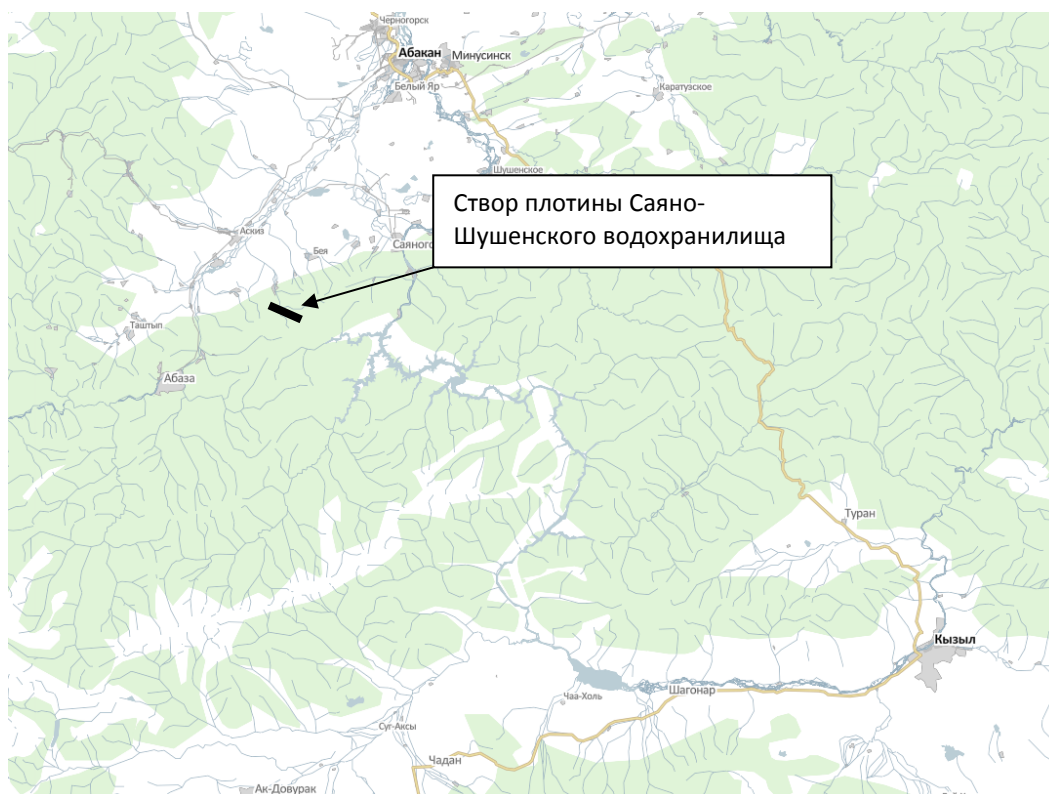


Рис. 1. Схема расположения Саяно-Шушенского водохранилища.

Водохранилище является первой ступенью в Енисейской ветви Ангаро-Енисейского каскада водохранилищ. Нормальный подпорный уровень (НПУ) и уровень мертвого объема (УМО) водохранилища равны 539 м и 500 м соответственно, форсированный подпорный

уровень (ФПУ) 540 м. Полный объем водохранилища при НПУ – 30 710 млн м³, полезный 13 950 км³; площадь зеркала при НПУ и УМО составляет 608 км² и 250 км² соответственно, длина колеблется в пределах 290–320 км. Ширина водоема достигает 9 км при средней 2 км. Максимальная глубина у плотины при нормальном подпорном уровне 200–220 м. Коэффициент водообмена равен 1,5 (каждые 6–7 месяцев). Величина годовых колебаний уровня воды достигает 40 м.

Гидроморфологический мониторинг Саяно-Шушенского водохранилища проводят специалисты филиала «Енисейрегионводхоз» ФГБВУ «Центррегионводхоз». Мониторинг включает все позиции, предусмотренные нормативно-методическими документами.

Мониторинг дна Саяно-Шушенского водохранилища в течение всего периода наблюдений проводится в Шагонарском расширении – мелководной озеровидной части Саяно-Шушенского водохранилища на территории Республики Тыва. Наблюдения ведутся по четырем створам (рис. 2):

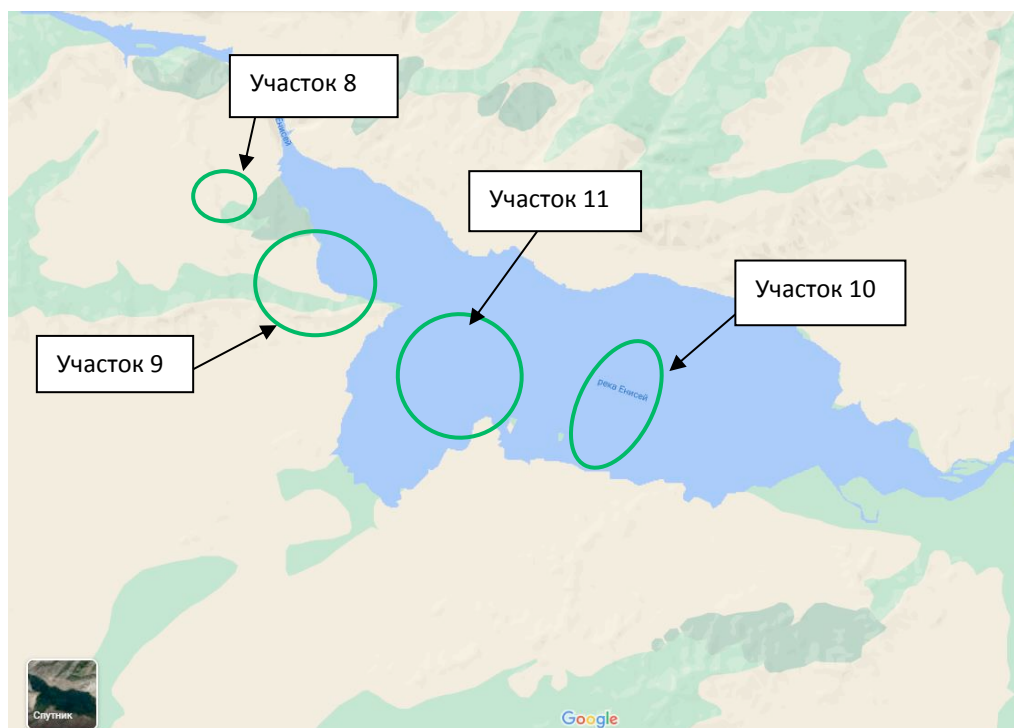


Рис. 2. Размещение створов мониторинга дна Саяно-Шушенского водохранилища.

Наблюдения включают изучение изменений абсолютных отметок дна и качественные характеристики донных отложений.

Изменение мощности наносов в Шагонарском расширении связано с переотложением наносов на пойменных участках естественного русла р. Енисей на периодически осушаемой части водоема. Грунт на таких участках размывается, происходят обрушения его в воду формально в пределах самого водохранилища в зависимости от колебаний уровней. Максимальное накопление отмечается в нижней, а минимальное в верхней части Шагонарского расширения. С точки зрения потери полезного объема и изменения других морфометрических характеристик водохранилища, этот участок наиболее важен. Однако увеличение заиления на 30 см за шесть лет в верховом сегменте водоема по сути являются незначительными. Состояние дна озеровидной части Саяно-Шушенского водохранилища достаточно стабильно. В то же время наблюдающаяся интенсивность заиления верховий позволяет предположить, что в течение 30–40 лет зона выклинивания подпора будет сокращаться, перемещаясь вниз по течению и оставаясь неизменной только в русловой части.

Наблюдения за качеством донных отложений проводилось в четырех створах также в пределах Шагонарского расширения в течение 6–8 лет. На первом этапе в 2012 г. проводились

эпизодические наблюдения еще на четырех створах. В донных отложениях определялись тяжелые металлы: железо общее, марганец, медь, никель, свинец, цинк; а также pH водной вытяжки. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях сравнивалось с региональным нормативом, приведенным в «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» [8]. Донные отложения Саяно-Шушенского водохранилища относятся к нестандартным. Ориентируясь на нормы и критерии загрязненности нестандартных донных отложений по свинцу и цинку, донные отложения повсеместно незагрязнены, по меди и никелю отложения загрязнены, но опасного уровня не достигают. Концентрация марганца в донных отложениях не превышает ПДК для почв [7].

Мониторинг берегов проводился по 14 створам визуальными и инструментальными методами. Протяженность береговой линии водоема составляет 1364 км. Большое количество створов обусловлено разнообразием природных условий по длине водохранилища. Особенностью берегов Саяно-Шушенского водохранилища является развитие оползней в условиях повышенной сейсмической активности территории. К таким участкам и приурочена основная часть створов наблюдений.

Кызыр-Сугский оползень (рис. 3) произошел на неустойчивом береговом массиве в результате землетрясения 2012 г. Оползень располагается на крутом (30°) юго-западном склоне правого берега Саяно-Шушенского водохранилища. Высота бровки оползня над урезом воды примерно 120-130 м. Длина по береговой линии 0,7 км.

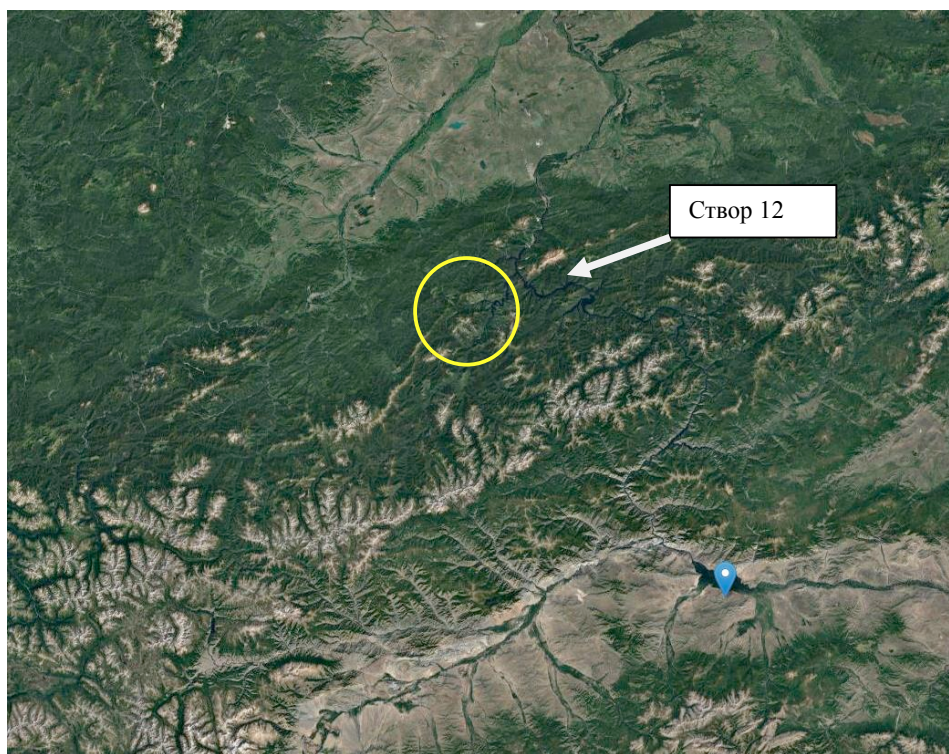


Рис. 3. Место расположения Кызыр-Сугский оползня (створ 12).

За годы наблюдений до 2016 г. отмечалось смещение точек наблюдений до 17 см при среднегодовом смещении около 3 см. Из-за выветривания пород идет раскрытие трещин. В последующие годы процессы смещения точек не наблюдаются. Однако потенциальная опасность остается высокой. В информационном бюллетене по Енисейскому бассейновому округу за 2016 г. указывается, что сейсмические события даже небольшой мощности могут привести к приповерхностным блоковым подвижкам, в результате чего в водоем может поступить 30 млн м³ грунта, которые способны на 2/3 перекрыть русло реки.

Оползень-обвал в приустьевой части р. Большие Уры по левому борту Саяно-Шушенского водохранилища наблюдается после землетрясения 2012 г. (рис. 4).

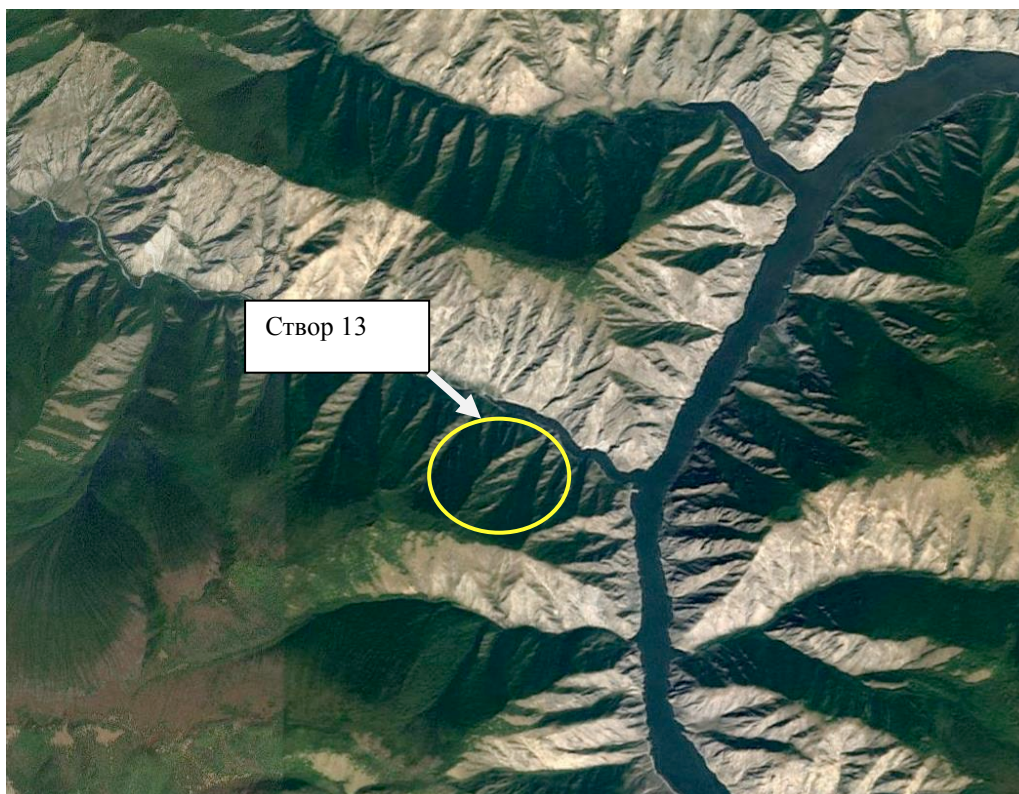


Рис. 4. Оползень-обвал в приустьевой части реки Большие Уры (створ 13).

Высота склона в области отрыва составляет около 800–850 м. Породы, составляющие склон, представлены кварц-слюдистыми сланцами. По наблюдениям за 2012–2016 гг., максимальные смещения по точкам контроля достигали до 20 см. С 2017 г. интенсивность процессов снижена. Опасность оползневых процессов при сейсмической подвижке остается высокой. Высока возможность обрушения 10 млн м³ пород с частичным перекрытием реки.

Участок «Шербалык» в 9 км ниже Усинского залива в устье р. Шербалык, 160 км выше Саяно-Шушенской ГЭС с тремя створами (рис. 5). Грунты берегов участка представлены относительно легко размываемыми песчаниками и сланцами, идет активная переработка берега за счет ветровой эрозии и волнового воздействия, но с разной интенсивностью. За период 2014–2018 гг. общее отступление берега по одному из створов составило более 10 м, но на двух других створах размыв не превысил 1 м за шесть лет. Характерно обрушение за счет подмыва низовых устоев.

В Республике Тыва изменения берега наблюдаются на участке «Сыпучий яр» в 1,5–1,8 выше устья р. Куйлуг-Хем (рис. 6) с 8 створами в районе Шагонарского расширения.

Протяженность яра составляет около 2800 м и представляет собой вертикальные стенки высотой от 3–5 м до 35 м, сложенных рыхлыми нецементированными породами, супесями и суглинками. При наполнении водохранилища под воздействием ветроволнового фактора здесь начинается активное проявление абразионных процессов, сопровождаемое обрушением грунтовых масс в акваторию водохранилища, что влечет интенсивное заиливание этой части водоема.

Мониторинг водоохранных зон проводился в форме рейдовых обследований отдельных отрезков. По результатам рейдовых обследований выявляются нарушители водного законодательства, составляются акты и возбуждаются административные дела.

По результатам гидроморфологического мониторинга состояние Саяно-Шушенского водохранилища оценивается как динамичное.

Мониторинг донных отложений Саяно-Шушенского водохранилища, проведенный в течение семи лет, показал, что рост толщины наносов в Шагонарском расширении происходит умеренно за счет переотложения наносов на пойменных участках затопленного естественного



Рис. 5. Участок «Шербалык» в 9 км ниже Усинского залива в устье р. Шербалык (створ 15).

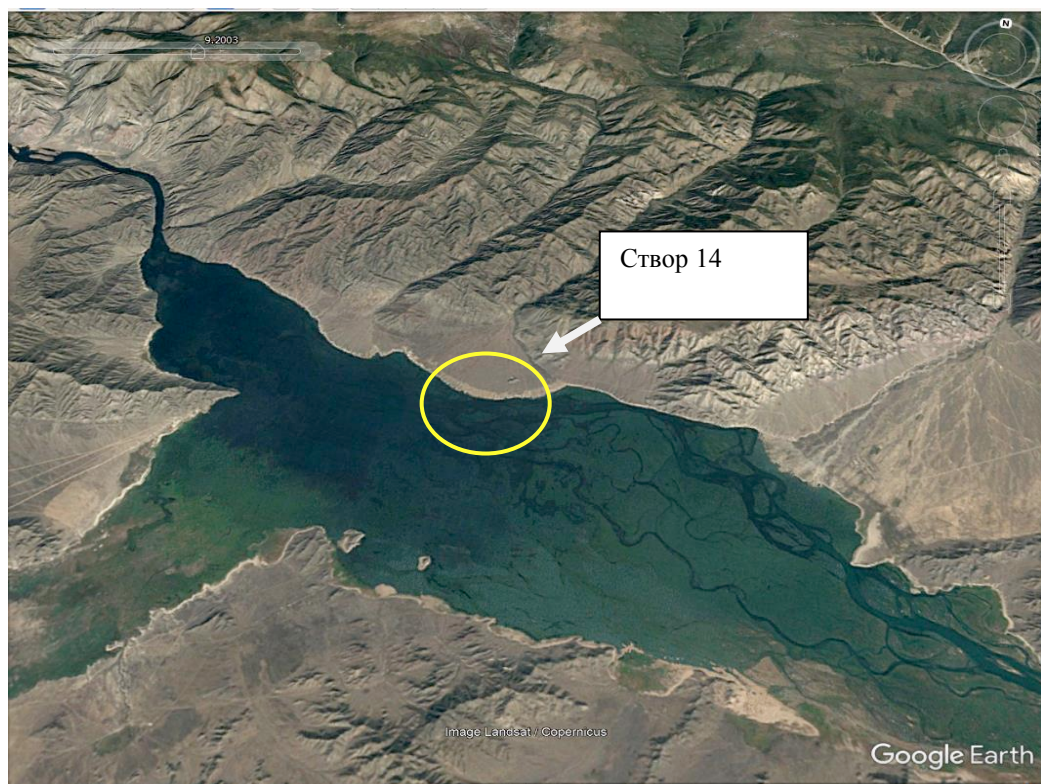


Рис. 6. Участок «Сыпучий яр» в районе Шагонарского расширения (створ 14).

русла р. Енисей. Качество донных отложений стабильно, изменения концентраций загрязняющих веществ по годам не превышают 20 % (в пределах погрешности определения).

Мониторинг берегов осуществляется в наиболее динамичных участках изменения береговой линии. Особую важность имеют наблюдения на оползневых участках, которые остаются подвижными и очень опасными. Несмотря на стабилизацию процесса переработки береговой линии на них, исключать дальнейшие подвижки нельзя. Состояние водоохранных зон водохранилища на мониторируемых участках остается стабильным.

Текущий прогноз развития состояния Саяно-Шушенского водохранилища по выявленным тенденциям мониторинга:

1). Ограниченное перемещение донных отложений в верхней озеровидной части водохранилища на текущий момент находится в рамках естественной изменчивости, но при больших колебаниях уровня воды в водохранилище возможно увеличение накопления донных отложений в нижней части Шагонарского расширения за счет обрушений берегов в районе участка «Сыпучий яр». Через 30–40 лет это может привести к изменению зоны выклинивания подпора и сокращению общего и полезного объема водохранилища за счет заиления;

2). Участки оползней Кызыр-Сугского и в приустьевой части реки Большие Уры являются стабильными только при отсутствии сейсмических явлений. При проявлениях сейсмичности оползни вероятно придут в движение, что вызовет перекрытие части русла р. Енисей и изменит морфометрические параметры водоема.

Богучанское водохранилище на р. Ангаре создается начиная с 1987 г. и является нижним в Ангарском каскаде (Иркутское, Братское, Усть-Илимское). Створ плотины Богучанского гидроузла расположен к северо-востоку от г. Красноярск в 445 км от устья р. Ангары, на 380 км ниже створа Усть-Илимского гидроузла.

Проектная отметка водохранилища НПУ 208 м БС была достигнута летом 2015 г. Полный объем водохранилища при НПУ составляет 58,2 км³, полезный – 2,3 км³. Площадь зеркала водохранилища при НПУ равна 2326 км², длина – 375 км, средняя ширина – 15 км, наибольшая глубина в приплотинной части составляет 70 м, протяженность береговой линии – 3033 км. Богучанское водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока, колебания уровня составляют не более 1 м. Расположение водохранилища представлено на рис. 7.

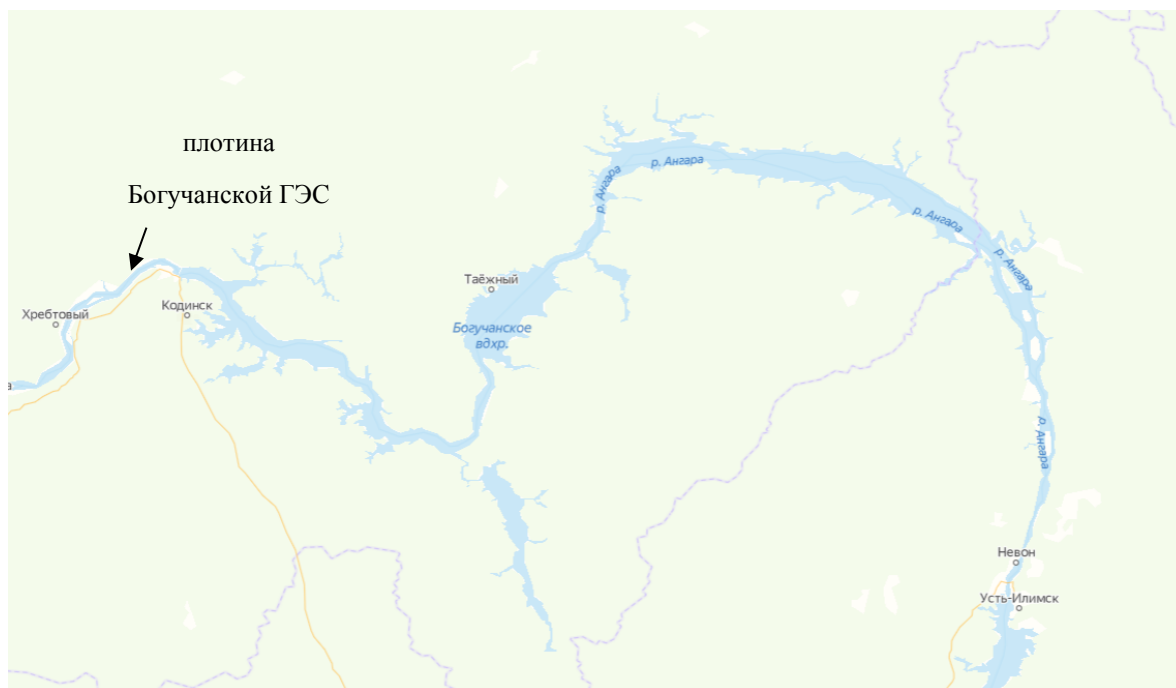


Рис. 7. Схема расположения Богучанского водохранилища на р. Ангара.

Гидроморфологический мониторинг Богучанского водохранилища проводился филиалом «Енисейрегионводхоз» ФГБВУ «Центррегионводхоз» на территории Красноярского края.

По морфометрическим условиям на акватории водохранилища можно выделить пять районов (участков): Невонское сужение, Кежемское расширение, Кутарейское сужение, Тургеневское расширение и Приплотинный район.

Мониторинг состояния дна ведется с 2012 г. с помощью эхолота. Измерения глубин дна на поперечных профилях Богучанского водохранилища проводятся с целью определения изменения рельефа дна и выявления инородных объектов.

В начале периода наблюдений мониторинг осуществлялся в трех створах – 3 км ниже устья р. Кода, 6 км выше устья р. Кова и в с. Недокура. К 2020 г. наблюдение за дном Богучанского водохранилища осуществляется в девяти створах. Наблюдения на участке устья р. Кода прекратились в 2016 г., что связано с завершением наполнения водохранилища до отметки НПУ.

Самые длительные наблюдения за весь период с 2012 по 2019 г. осуществляются в морфостворах на р. Кова и у п. Недокура (рис. 8).

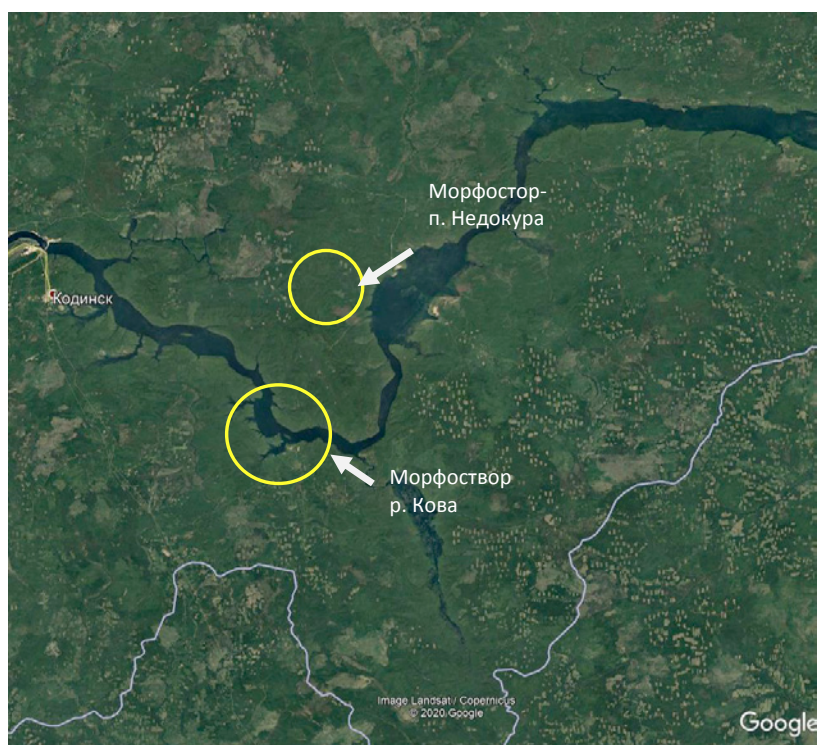


Рис. 8. Размещение морфостворов по мониторингу дна Богучанского водохранилища.

По морфоствору у с. Недокура отмечено наличие затопленной древесно-кустарниковой растительности. Изменение отметок дна несколько отличается по берегам: прирост по левому берегу равен 0,2 м, по правому берегу 0,25 м.

В информационном бюллетене за 2019 г. в пояснении к мониторингу состояния дна указывается, что в ходе обследований на дне повсеместно обнаружены древесный хлам и кустарниковая растительность, что объясняется подготовкой ложа водохранилища. Первичная лесосводка ложа водохранилища осуществлялась в период 1983–1987 гг., работы по лесочистке полностью не были выполнены. На основании данных мониторинга состояния дна не прослеживается четких тенденции изменения для Богучанского водохранилища.

Качество донных отложений определяется только в приплотинной части водохранилища. Створ наблюдений расположен в 2 км от плотины ГЭС (рис. 9). В донных отложениях определяются железо, кадмий, марганец, медь, никель, свинец и цинк и pH водной вытяжки.



Рис. 9. Размещение створа исследований качества донных отложений Богучанского водохранилища.

Оценка качества донных отложений проводилась по критериям [8]. Донные отложения Богучанского водохранилища относятся к нестандартным. Качество донных отложений по свинцу во всех створах относится к незагрязненным, по меди, свинцу и никелю донные отложения относятся к загрязненным, но опасного уровня не достигают. Концентрация марганца в донных отложениях не превышает ПДК для почв [7].

Мониторинг состояния берегов проводится с 2014 г. Из общей протяженности береговой линии 3033 км протяженность аккумулятивно-абразивных берегов составляет 874,2 км.

Наибольшее количество наблюдений было проведено после наполнения водохранилища до проектной отметки НПУ в 2016 г. – на 20 морфостворах с повторяемостью 2–4 раза за год. К 2020 г. количество створов наблюдений сократилось до 14, наблюдения 2 раза в год. Створы наблюдений расположены вдоль населенных пунктов на всех пяти морфометрических участках Богучанского водохранилища (рис. 10 и 11).

На всех морфостворах в период 2014–2016 гг. отмечалось изменение береговой линии в диапазоне 0,1–6,0 м. После 2017 г. отмечается уменьшение боковой переработки берегов, зато увеличивается протяженность участка переработки. Так по створу возле устья р. Ката на правом берегу произошло увеличение протяженности участка обрушения с 26 до 374 м.

Наиболее подвижным является берег в границах д. Недокура, здесь зафиксирована максимальная ширина размыва (8,4 м в год), суммарно за пять лет берег отодвинулся на 12 м.

По остальным морфостворам наметилась тенденция уменьшения интенсивности переработки берега, но до стабилизации данного процесса далеко, что отмечено во временных правилах технической эксплуатации Богучанского водохранилища [9].

Мониторинг водоохранной зоны Богучанского водохранилища ведется после заполнения водоема до проектной отметки НПУ. Зафиксированные в 2017 г. значения площадей участков водоохранной зоны, занятых определенными видами растительности, остаются неизменными на протяжении четырех лет наблюдений.

Состояние Богучанского водохранилища оценивается как динамичное. Гидроморфологический мониторинг позволил дать следующие оценочные выводы:

1). Изменение отметок дна не превышает 0,25 м по створам наблюдений. На дне водохранилища повсеместно обнаружены древесный хлам и кустарниковая растительность, что объясняется некачественной подготовкой ложа водохранилища. Качество донных отложений стабильно и не достигает опасного уровня накопления.

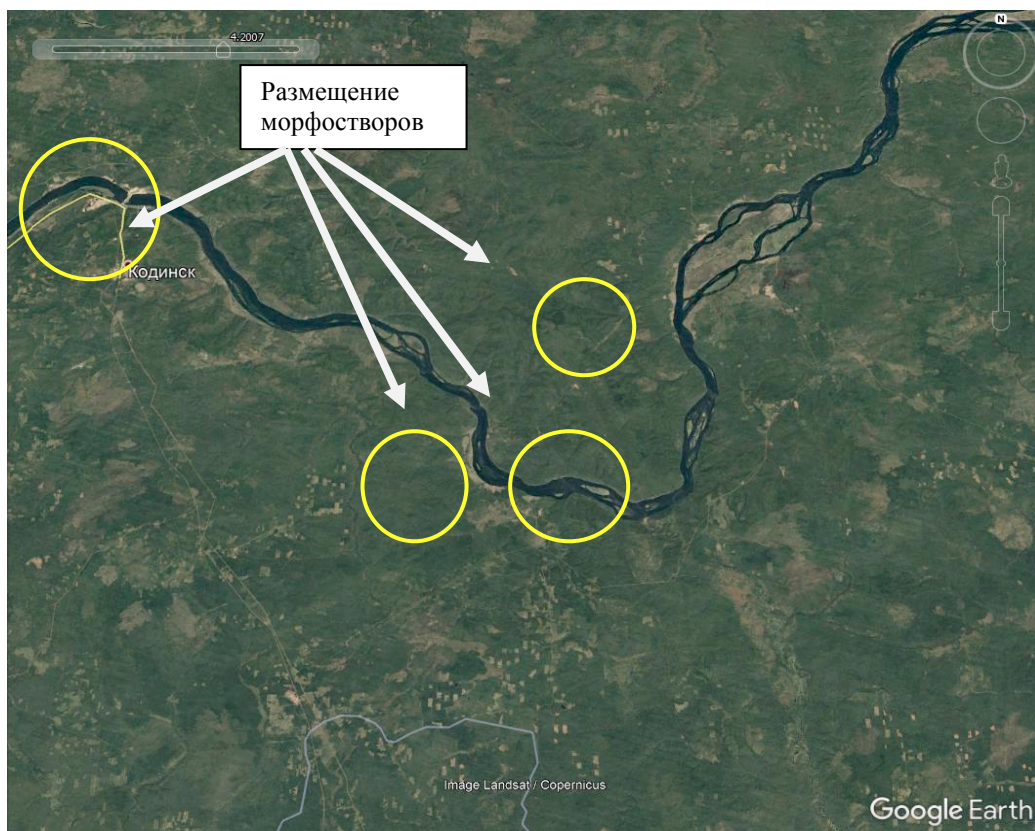


Рис. 10. Размещение створов наблюдения за изменением берега Богучанского водохранилища (нижний участок).

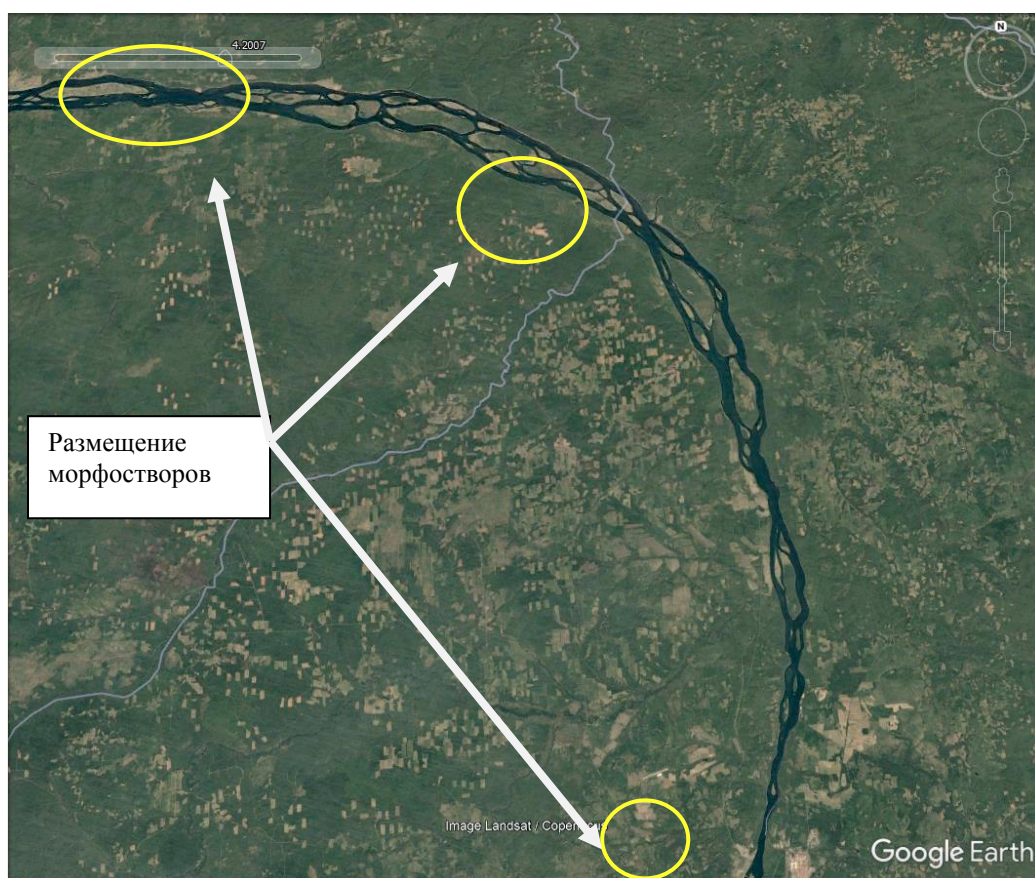


Рис. 11. Размещение створов наблюдения за изменением берега Богучанского водохранилища (верхний участок).

2). Изменение береговой линии зафиксировано в диапазоне 0,1–6,0 м. После 2017 г. намечается уменьшение интенсивности переработки берега, но увеличивается протяженность аккумулятивно-абразивных берегов подверженных переработке.

Прогноз развития состояния Богучанского водохранилища основан на том, что работа водохранилища в проектных параметрах осуществляется с 2015 г.

Изменение береговой линии в пределах аккумулятивно-абразивных берегов за счет волновой и ветровой эрозии будет продолжаться до наступления стабилизации береговых откосов. По опыту других водохранилищ со схожими природными условиями этот период может достигать до 100 лет.

В ближайшие 5–10 лет возможно отступление берега на различных участках от 35 до 150 м. Наименьшая переработка берега прогнозируется в Кутарейском сужении – до 35 м по правому берегу. Прогнозируемая средняя величина отступления бровки абразионных берегов в районе Невонского сужения составит менее 50 м. Но наибольшая ширина переработки абразионных берегов на участке ожидается в рыхлых четвертичных образованиях по левому берегу в районе р. Невонка и составит примерно 185 м.

Преобладающая ширина волновой переработки берегов в Кежемском расширении на 10-летнюю стадию составит 50–100 м. В районе п. Кежда на 10-летний период ширина волновой переработки составит 100–150 м.

В пределах Тургеневского расширения берега будут перерабатываться практически на всем протяжении. Величина переработки составит 50–100 м за как по правому, так и по левому берегу с небольшими исключениями в результате локальных условий.

Изменение отметок дна останется динамичным и будет зависеть от интенсивности процессов переработки берегов.

Проведенный анализ информации АИС ГМВО на примере водных объектов, мониторируемых Росводресурсами, показал, что при наличии качественной информации мониторинга дна и берегов, полученной за достаточно продолжительный период наблюдений, можно получить обоснованную оценку о направленности и интенсивности процессов изменения морфологических характеристик водных объектов и необходимости проведения мероприятий на водных объектах как минимум в первом приближении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программный комплекс «Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов» (АИС ГМВО). [Электронный ресурс] Сетевой (ограниченный) доступ Федеральное агентство водных ресурсов: URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=505> (дата обращения 27.12.2020).

2. Информационно-автоматическая система обработки сведений об использовании воды в Российской Федерации ИАС 2-тп (водхоз). [Электронный ресурс] Сетевой (ограниченный) доступ Федеральное агентство водных ресурсов: URL: <https://2tp.rwec.ru/index.php?id=47> (дата обращения 19.10.2020).

3. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Енисейскому бассейновому округу, относящемуся к зоне деятельности Енисейского БВУ за 2018 год. [Электронный ресурс]. Сетевой (ограниченный) доступ Федеральное агентство водных ресурсов: URL: <https://piak.skniivh.ru/index.php?id=6> (дата обращения 18.05.2020).

4. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Ангаро-Байкальский бассейновому округу, относящемуся к зоне деятельности Енисейского БВУ за

2018 год. [Электронный ресурс]. Сетевой (ограниченный) доступ Федеральное агентство водных ресурсов: URL: <https://piak.skniivh.ru/index.php?id=6> (дата обращения 18.05.2020).

5. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Ангаро-Байкальскому бассейновому округу, относящемуся к зоне деятельности Енисейского БВУ за 2017 год. [Электронный ресурс]. Сетевой (ограниченный) доступ Федеральное агентство водных ресурсов: URL: <https://piak.skniivh.ru/index.php?id=6> (дата обращения 18.05.2020).

6. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Енисейскому бассейновому округу, относящемуся к зоне деятельности Енисейского БВУ за 2016 год. [Электронный ресурс]. Сетевой (ограниченный) доступ Федеральное агентство водных ресурсов: URL: <https://piak.skniivh.ru/index.php?id=6> (дата обращения 18.05.2020).

7. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», утв. Министерством здравоохранения Российской Федерации от 23 января 2006 г.

8. Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Региональный норматив. 1996 г.

9. Пояснительная записка к временным правилам технической эксплуатации Богучанского водохранилища. Москва. 2012 г. [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader.

10. URL: <https://irkobl.ru/sites/ecology/working/ekeks/Zapiska.pdf> (дата обращения 27.01.2021).

ПРАВОВОЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Прохорова Н.Б.

ФГБУ Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Екатеринбург, Россия
e-mail: prokhorova.uvr@mail.ru

Ключевые слова: управление водными ресурсами, перспективы исследований, вызовы водохозяйственной науки, стратегия научных исследований.

Современная водохозяйственная наука имеет ряд специфических особенностей, которые определяются комбинацией международных, внутригосударственных, социально-экономических, политических и гражданских аспектов. Именно они определяют приоритетные направления исследований и эффективность внедрения в водохозяйственную практику.

LEGAL AND SCIENTIFIC/METHODICAL SUPPORT OF THE MAIN DIRECTIONS OF WATER SCIENTIFIC ACTIVITIES

Nadezhda B. Prokhorova

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection», Ekaterinburg, Russia
e-mail: prokhorova.uvr@mail.ru

Keywords: water resources management, research prospects, challenges of water/economic science, strategy of scientific research.

Contemporary water science has a number of specific features determined by combination of international, national, social/economic, political, and civil aspects. These are exactly the factors to define priorities in researches and effectiveness of their outcomes application in water/economic practice.

Правовую основу научных исследований в водном хозяйстве на современном этапе составляют: «Водный кодекс Российской Федерации (от 03 июня 2006 г., № 74-ФЗ ред. от 24.04.2020); Национальный проект «Экология» (от 07 мая 2018 г., № 204); «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» (от 1 декабря 2016 г., № 642); Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (распоряжение от 13 февраля 2019 г., № 207-р); Прогноз долгосрочного социально-экономического развития на период до 2036 года (Минэкономразвития России, 19.06.2020 г.); Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы) (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 3684-р); «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» ООН (пункты 6,15, от 21.10.15).

Для оценки уровня научных разработок в области водного хозяйства важно отметить, что на протяжении последних десятилетий основные задачи, которые перед наукой ставили Водная стратегия до 2020 года и Федеральная целевая программа развития водохозяйственного комплекса на 2012–2020 годы, оставались неизменными: сохранение и восстановление водных объектов, защита от вредного воздействия вод и гарантированное обеспечение водными ресурсами населения и отраслей экономики. Важно отметить, что задача «Сохранение и восстановление водных объектов, до состояния обеспечивающего

экологически благоприятные условия жизни населения» декларируется Росводресурсами как первоочередная уже более шести лет.

Наряду с безусловным продвижением в решении указанных задач, остаются сдерживающие проблемы, которые в большей части не относятся к науке.

1. Отсутствие эффективного межведомственного взаимодействия в области управления использованием и охраной водных ресурсов: наличие ведомственных информационных баз данных, узконаправленная (ведомственная) ответственность в отношении водных объектов, слабое планирование и низкая эффективность водоохранной деятельности с бассейновой позиции.

2. Низкий уровень практического использования методических разработок, предлагаемых водохозяйственной наукой.

3. Запаздывающая реакция российской водной политики на изменения в социально-экономической сфере, в области международных водных отношений (водной безопасности), реакция на изменение климата.

Тем не менее, Указ Президента о «Федеральной научно-технической программе в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы», включенную в несколько национальных проектов, даст очевидный толчок и в решение указанных проблем.

Современные научные исследования в водохозяйственной области имеют ряд особенностей или, как принято сейчас говорить, сталкиваются со следующими вызовами, отмеченными в Стратегии научной деятельности Росводресурсов на 2021–2035 гг.:

1. Динамичная политическая и социально-экономическая ситуация в стране, что требует углубление исследований прогнозного характера, разработку гибких моделей адаптации к изменению климата, потребностей в ресурсах, состояния водных объектов, водных и водохозяйственных рисков.

2. Эффективность научных разработок и их реализация напрямую зависят от комбинации международных, внутригосударственных, социально-экономических, политических и гражданских аспектов, характеризующих потребность в экологизации водохозяйственной деятельности.

3. Территориальная зависимость реализации стратегических водохозяйственных задач. Это и освоение территорий, различные аспекты динамики народонаселения, изменение климата, изменение характера антропогенных воздействий и пр.

4. Пробелы нормативной законодательной основы регулирования водохозяйственной деятельности, начиная с терминологии.

Среди целого ряда перспективных научных исследований остановимся на нескольких, наиболее интересных с научной точки зрения.

Экологическое нормирование воздействий на водные объекты. Весьма важный вопрос для целей регулирования водопользования, так как от его решения зависит объем поступления платежей за водопользование. Спорными остаются подходы к определению экологического статуса водного объекта и определению его целевого состояния, экологических критериев нормирования поступления загрязнений в водные объекты, их соотношения с ПДК, региональным фоном и показателями наилучших доступных технологий, рассмотрение всех этих аспектов в разрезе бассейнового регулирования, бассейнового управления.

Появление особого, нового внимания к старому объекту управления – прибрежным морским акваториям. Практическое отсутствие мониторинга состояния прибрежных морских вод, позволяющего решать задачи регулирования нагрузки в условиях активного освоения шельфовых территорий, увеличение доли перевалки экспортно-импортных грузов в морских портах Российской Федерации в общем объеме грузов и модернизация терминалов в морских портах, высокие темпы развития аквакультурных хозяйств в прибрежной акватории морей, осложняет разработку методических подходов управления данными водными объектами.

Адаптации водохозяйственной деятельности к изменению климата.

Представляется важным, с точки зрения перспектив развития водного хозяйства, не только изучение изменения стоковых характеристик, моделирования гидродинамических процессов и прочее, но и изучение последствий возможного бассейнового перераспределения стока рек. Оценивая взаимодействие государств Средней Азии, Китая, Афганистана по вопросам регулирования водных ресурсов, Россия должна быть готова ответить на вопрос – готова ли она поделиться своими водными ресурсами, с точки зрения не только политической целесообразности, но и последствий для водных экосистем российских рек.

Развитие циркулярной экономики. Концепция устойчивого развития экономики обеспечивается воспроизводством ограниченных водных ресурсов с использованием инновационных технологий, повторного использования ресурсов. Оптимизация, повышение эффективности водохозяйственной деятельности на основе моделирования водохозяйственных систем должна обеспечить возможности полного оборота водных ресурсов и утилизацию отходов. Очевидно, что в прошлом разработано значительное количество подобных моделей, однако развитие программных технологий, использование значительно возросшей информационной основы, новые возможности институционального развития водного хозяйства, перспективные производственные технологии, позволяют надеяться на переход на более качественный уровень планирования с использованием прогнозных моделей.

В целом, говоря о направлениях развития нормативной методической основы достижения целей Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений (в части водохозяйственных исследований), можно рассмотреть следующий перечень задач:

- Развитие методологии охраны и восстановление водных объектов;
- Разработка методов и технологий минимизации ущербов от негативного воздействия вод, включая управление рисками;
- Прогнозирование обеспечения социально-экономических потребностей в водных ресурсах вододефицитных регионов в условиях неопределенности характеристик (изменение климата, динамика экономического развития);
- Совершенствование планирования адаптации к изменению климата на уровне трансграничных бассейнов в целях повышения потенциала их устойчивости;
- Разработка методов экологического нормирования состояния водных объектов и регулирования воздействий;
- Совершенствование и разработка моделей водохозяйственных систем с использованием ведомственных информационных баз данных;
- Совершенствование экономических методов регулирования водохозяйственной деятельности в области разработки, финансирования и реализации планов адаптации к изменению климата в бассейнах рек;
- Исследование методов повышения эффективности использования и охраны водных ресурсов на основе положений концепции «циркулярной экономики» о балансе спроса и предложений;
- Совершенствование системы управления водохозяйственным комплексом для обеспечения водной безопасности;
- Разработка и реализация системной программы повышения квалификации специалистов водохозяйственного комплекса.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ
СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGY OF ECOLOGICAL
NORMALIZATION OF WATER BODIES' STATE

ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС В ПРОЦЕССАХ ОСВОЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Боровский М.Я., Богатов В.И.

ООО «Геофизсервис», г. Казань, Россия

Борисов А.С., Фахрутдинов Е. Г.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

Шакуро С.В.

ООО «ФРОНТ Геология», г. Нижний Новгород, Россия

e-mail: micbor1913@mail.ru

Ключевые слова: опасные в экологическом отношении производства, загрязнение и осолонение подземных вод, комплекс геофизических методов, электроразведка, методы сопротивлений, естественные электрические потенциалы, аномалия.

Территории поиска и добычи углеводородного сырья относятся к регионам с большой техногенной нагрузкой на экосистему. Рассмотрены факторы техногенного загрязнения подземных и поверхностных вод. Акцентируется внимание на нарушении конструктивных обязательств строительства скважин различного целевого назначения в верхней части гидрогеологического разреза. Для выявления и устранения источников засоления пресных подземных вод проводятся комплексные эколого-гидрогеологические исследования. Составной и важной частью этих работ является проведение наземных геофизических исследований методами электроразведки. Приводятся комплекс, задачи, методика и результаты электроразведочных наблюдений в нефтеперспективной Закамской части Республики Татарстан.

ECOLOGICAL AND GEOPHYSICAL COMPLEX IN THE PROCESSES OF OIL FIELD DEVELOPMENT

Borovsky M. Ya., Bogatov V. I.

Geofizservis LLC, Kazan, Russia

Borisov A. S., Fakhrutdinov E. G.

Kazan (Privolzhsky) Federal University, Kazan, Russia

Shakuro S. V.

FRONT Geology LLC, Nizhny Novgorod, Russia

e-mail: micbor1913@mail.ru

Keywords: environmentally hazardous production, pollution and salinization of groundwater, set of geophysical methods, electrical exploration, resistance methods, natural electrical potentials, anomaly

The territories of search and production of hydrocarbon raw materials belong to the regions with a large technogenic load on the ecosystem. The factors of technogenic pollution of underground and surface waters are considered. Attention is focused on disturbances of the constructive obligations of the construction of wells for various purposes in the upper part of the hydrogeological section. To identify and eliminate sources of salinization of fresh groundwater, comprehensive ecological and hydrogeological studies are carried out. An integral and important part of these works is the conduct of ground-based geophysical research using electrical exploration methods. The set, tasks, methods and results of electrical survey observations in the oil-prospective Zakamsky part of the Republic of Tatarstan are presented.

Территории деятельности нефтедобывающих компаний относятся к регионам с большой техногенной нагрузкой на экосистему. Здесь, как правило, расположено большое

количество опасных в экологическом отношении производств, таких как товарные парки, ДНС, КНС, ГЗУ, глубокие скважины различного назначения, сеть трубопроводов. Очаги техногенного загрязнения подземных и поверхностных вод действуют на протяжении длительного времени (в Урало-Поволжье с 50-х гг. XX в.). Особенно важно предусмотреть и выявить негативные последствия нарушения конструктивных обязательств, предусмотренных, согласно проекту строительства скважин, в верхней части разреза.

Природоохранная деятельность в районах разработки нефтяных месторождений предусматривает контроль за чистотой и сохранностью естественных запасов пресных вод [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Большое внимание уделяется состоянию пластов, содержащих пресную воду и находящихся в пределах приповерхностной части разреза, перекрытой кондуктором. Некачественное цементирование кондуктора в процессе строительства скважины создает предпосылки для возникновения межпластовых перетоков, следствием которых может быть:

- загрязнение и осолонение пресноводных пластов при прорыве вверх минерализованных вод из разрабатываемого интервала (восходящий переток);
- потери запасов пресных вод при их перетекании в нижележащие высокоминерализованные водоносные горизонты (нисходящий переток).

Выявление и определение направления межпластовых заколонных перетоков относится к важнейшим задачам контроля за разработкой нефтегазовых месторождений.

Для непосредственного выявления перетоков жидкости и газа по заколонному пространству во время исследований используются [1, 5, 7] термические, радиоактивные и акустические методы. Термометрия – наиболее распространенный и информативный метод по выявлению заколонных перетоков. Однако имеются трудности, не позволяющие однозначно определить интервал межпластового заколонного перетока в условиях скважины многоколонной конструкции в верхней части разреза. Это связано [1] со сложным характером теплового поля в интервале заколонного движения, разнообразием проявления температурных эффектов в скважине, различием в условиях проведения измерений.

Для повышения информативности и достоверности решения задачи диагностики закондукторной среды в условиях скважины многоколонной конструкции в системе скважина-пласт разработана технология нестационарной термометрии для геолого-технологических условий верхней части разреза Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна. Подробно методика нестационарной термометрии для диагностики заколонной среды скважин в верхней части разреза изложена в диссертационном обобщении В.В.Баженова [1].

Для предотвращения загрязнения подземных вод проводятся мероприятия по их защите. Первым профилактическим звеном служит организация системы гидромониторинга экологического состояния подземных вод. Для выявления и устранения источников засоления пресных подземных вод проводятся комплексные эколого-гидрогеологические исследования. Осуществляются следующие виды работ: эколого-гидрогеологическое обследование территории, режимные гидрохимические наблюдения, выделение области питания родника, опробование наблюдательных (эколого-гидрогеологических) скважин, электроразведочные измерения, анализ технического состояния нефтепромысловых сооружений, попавших в область питания родника, выявление доминирующего источника загрязнения, разработка рекомендаций по улучшению экологической ситуации [1, 2, 3, 4, 6, 8, 9].

Составной и важной частью этих работ является проведение наземных геофизических исследований методами электроразведки.

Среди поверхностных источников загрязнения выделяются (К.С. Харьковский, 1998, [3]) первичные и вторичные. К первичным относятся [2, 3, 4, 5, 6, 8, 9] техническое оборудование и коммуникации. Утечки из трубопроводов, негерметичности приустьевых сооружений скважин, фильтрация из земляных амбаров и т.п. служат основной причиной попадания рассолов в зону аэрации или водоносные горизонты. В качестве вторичных рассматриваются длительно существующие линзы засоленных грунтов, сформировавшиеся в

зоне аэрации под воздействием на нее первичных источников загрязнения.

Пространственно эти два источника загрязнения, как правило, совпадают, однако с распространением вторичного очага загрязнения вниз по разрезу, до кровли регионального водоупора «лингуловые глины», при пересеченном рельефе могут быть существенно разобщены.

Задачами электроразведки при изучении очагов засоления подземных вод являются:

- поиски и оконтуривание *вторичных* источников поступления загрязняющих компонентов в водоносные горизонты;
- обнаружение скрытых *первичных* источников: скважин с некачественным техническим состоянием, порывов напорных трубопроводов;
- изучение особенностей геологического строения территории.

Важным становится поиск и оконтуривание низкоомных аномалий удельного электрического сопротивления грунта в приповерхностных слоях разреза. Такие аномалии, как правило, идентифицируются как зоны локализации подземных вод, обладающих повышенной минерализацией. Утечки и проливы нефтепродуктов в настоящее время – основной фактор загрязнения верхней части геологического разреза.

Зоны интенсивного загрязнения нефтепродуктами картируются [2, 3, 8, 9, 10, 11] по высоким значениям кажущейся поляризуемости и по пониженным значениям удельного сопротивления по сравнению с вмещающими породами.

Комплексные полевые геофизические исследования в составе эколого-гидрогеологических работ проводятся в области питания и разгрузки загрязненных родников (используемых для наблюдения за экологическим состоянием зоны пресных подземных вод). Площадные измерения выполняются по сети 100-200-250 на 100-200-250 м по профилям поперек склона. В состав полевых электроразведочных работ входят:

- опорные наблюдения ВЭЗ;
- симметричное электрическое профилирование СЭП в площадном варианте;
- измерения методом естественного поля ЕП на выделенных скважинах с ненадежным техническим состоянием (отсутствие цемента за кондуктором и эксплуатационной колонной, плохое качество цементного камня, зафиксированные нарушения и заколонная циркуляция), по четырем взаимно перпендикулярным лучам (способ потенциала).

Симметричное электрическое профилирование СЭП (на двух разносах) используется в качестве основного метода. Для уточнения данных о геологическом строении участка работ выполняются вертикальные электрические зондирования ВЭЗ; как правило, геологическое строение верхней части разреза на нефтепромыслах не изучено.

Принимая во внимание вероятность отображения областей загрязнения горных пород в виде участков пониженного сопротивления, при эколого-геологическом истолковании геофизических материалов данное положение принимается в качестве основного критерия. Результаты электропрофилеирования на малых разносах позволяют оконтурить в плане области относительно пониженных кажущихся сопротивлений, которые рассматриваются как предполагаемые участки приповерхностного загрязнения. Карты изолиний ρ_k , построенные по значениям, полученным на больших разносах АВ, несут информацию о более глубоких горизонтах, позволяя коррелировать и изучать выявленные аномалии на глубину.

Анализ характера изменения естественного электрического поля способствует диагностике загрязнения районов нефтепромысловых сооружений. В 90-х гг. XX в. теоретически обоснованы и разработаны методики проведения и интерпретации результатов метода ЕП при выявлении и оценке источников загрязнения водоносных горизонтов. В Татарстане профессором Казанского университета Э.К. Швыдким показана принципиальная возможность изучения очагов и ореолов распространения загрязняющих подземные воды веществ с поверхности при наличии соответствующей аппаратуры и

техники [2, 8, 9, 12, 13]. Проведение измерений методом ЕП у скважин обеспечивает качественную оценку [8, 9, 10, 12, 13, 14.] движения водного потока вдоль ствола скважин (для выявления восходящих, либо нисходящих перетоков).

Многочисленные исследования, полевые съемки, компьютерное моделирование [10, 13] позволили схематизировать структуру фильтрационного поля при наличии и отсутствии заколонных перетоков в скважинах. Выделяется три типа распределения естественных электрических потенциалов [10, 13]:

1. Фильтрация осуществляется из нижних горизонтов в верхние. Наличие заколонных перетоков «снизу» регистрируется локальным повышением значений потенциала над скважиной.

2. Инфильтрация поверхностных вод и загрязняющих флюидов через ослабленные зоны вдоль ствола скважины. Присутствие перетоков «сверху-вниз» характеризуется локальным понижением величин электрического поля.

3. Отсутствие фильтрации вдоль ствола скважины. Локальных аномалий ЕП не отмечается.

В ряде случаев оценка эколого-технического состояния конструкции скважин наряду с методом ЕП включает технологию определения качества заколонного цемента с поверхности земли без спуска измерительного прибора в скважину.

Работы проводятся без вывода скважин из эксплуатации, привлечения бригад и спецтехники капитального ремонта, что существенно снижает затраты и время при определении технического состояния скважин в процессе их капитального ремонта и строительства. Технология носит название виброакустической цементометрии (ВАЦ) [15].

Эффективность комплекса электроразведочных работ показывают результаты, полученные авторами в Восточном Закамье РТ, в области питания родников, где выявлены зоны наиболее подверженные техногенному загрязнению (засолению) [2, 9]. На глубоких скважинах выполнена качественная оценка движения водного потока вдоль ствола скважин (для выявления восходящих, либо нисходящих перетоков).

Методом вертикального электрического зондирования (максимальный разнос АВ достигает 310 м) изучен интервал разреза, включающий образования пермского и четвертичного возрастов. Получена геоэлектрическая характеристика отложений казанского яруса.

По материалам симметричного электропрофилирования (разносы 30 и 100 м) выделены зоны, характеризующиеся относительно пониженными значениями кажущегося сопротивления. Наиболее низкоомные участки в этих аномальных зонах (ρ_k менее 30 Ом) интерпретируются (В.И. Богатов, М.Я. Боровский и др., 2007) как возможные очаги загрязнения (засоления).

Обращает внимание приуроченность выявленных зон загрязнения к скважинам глубокого бурения, имеющимся на территории исследований.

В плане наблюдается соответствие зон загрязнения для различных уровней (глубин) горизонтального среза (АВ = 30 м, АВ = 100 м).

Участки соответствия зон загрязнения на различных глубинах являются первоочередными для постановки детальных эколого-гидрогеологических наблюдений.

По результатам электроразведки ЕП, выполненной на устьях скважин, прогнозируется наличие восходящей и нисходящей фильтрации.

Таким образом, электрическая разведка, включающая методы сопротивлений (установки ВЭЗ, СЭП) и естественных потенциалов ЕП дает важные сведения о техническом состоянии нефтепромысловых сооружений и характере загрязнения вод зоны активного водообмена.

Интерпретация полученных данных с результатами других комплексных эколого-гидрогеологических наблюдений служит для формирования мероприятий по проверке герметичности скважин и других профилактических природоохранных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баженов В.В.* Разработка методики нестационарной термометрии для диагностики заколонной среды в верхней части разреза скважин: на примере месторождений Республики Татарстан: дисс. ... канд. техн. наук. Уфа: БГУ, 2007. 173 с.
2. *Боровский М.Я., Петрова Г.И., Пухов А.Г., Богатов В.И., Филимонов В.Н., Шакуро С.В.* Оценка эколого-гидрогеологической ситуации в районах освоения нефтяных месторождений комплексом электроразведочных методов // Журнал ЭиПБ. № 1-2. 2014. С.14-17.
3. Гидрогеоэкологические исследования в нефтедобывающих районах Республики Татарстан / под ред. А.И. Короткова, В.К. Учаева. Казань: Изд-во Репер, 2007. 300 с.
4. Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности / под ред. проф. В.А. Шевнина и доц. И.Н. Модина. М.: РУССО, 1999. 511 с.
5. *Миннуллин Р.М.* Технологические аспекты обеспечения защиты родниковых вод от техногенных факторов при нефтедобыче: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Казань: КГТУ, 2009. 19 с.
6. *Петрова Г.И.* Гидрогеологические условия зоны активного водообмена центральной части Южно-Татарского свода в связи с разработкой нефтяных месторождений: автореф. ... дисс. к.г.-м.н. Пермь: ПГУ, 2004. 25 с.
7. *Электроразведка: Справочник геофизика.* М.: Недра, 1979. 518 с.
8. *Боровский М.Я., Газеев Н.Х., Нургалиев Д.К.* Геоэкология недр Республики Татарстан: геофизические аспекты / под ред. Д.К. Нургалиева. Казань: Изд-во «Экоцентр», 1996. 316 с.
9. *Боровский М.Я., Борисов А.С., Фахрутдинов Е.Г.* Комплексное геолого-геофизическое изучение верхней части осадочного чехла. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. 216 с.
10. *Чернышева М.Г.* Метод электрических потенциалов фильтрации в решении гидрогеологических и экологических проблем в нефтепромысловых регионах РТ: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Казань: КГУ, 1999. 24 с.
11. *Шакуро С.В.* Применение геофизических методов при изучении техногенных линз нефтепродуктов // Разведка и охрана недр. 2005. № 8. С. 24-26.
12. *Боровский М.Я., Борисов А.С., Богатов В.И., Петров С.И.* Профессор Э. К. Швыдкин: инновационная геофизика при решении гидрогеоэкологических вопросов // Сб. трудов IX Международного Конгресса «Чистая вода. Казань». 19-21 сентября 2018 г. Казань: ООО «Новое знание», 2018. С.86-89.
13. *Швыдкин Э.К.* Техногенные и естественные электрические поля в проблемах освоения ресурсов природных битумов (контроль за разработкой, разведка, экология): автореф. дисс...докт. геол.-мин. наук / Швыдкин Эдуард Кузьмич. М.: ВНИИГеосистем, 1996. 30 с.
14. *Огильви А.А.* Основы инженерной геофизики. М.: Недра, 1990. 501 с.
15. *Козлов А.В.* Экспресс технологии виброакустической цементометрии кондукторов (ВАЦ): дисс... канд. геол.-мин. наук. Казань: КГУ, 1999. 130 с.

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНОВ ВЛАСТИ И УПРАВЛЕНИЯ
ПРИ АНОМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
2020 ГОДА**

Власова Н.Н.

ФГБУ «Уральское УГМС», г. Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: опасные гидрометеорологические явления, прогнозирование.

В статье речь идет о сложившихся аномальных климатических условиях на территории Урала в 2020 году (Свердловская, Челябинская, Курганская области, Пермский край).

**METEOROLOGICAL SUPPORT OF GOVERNMENT AND ADMINISTRATIVE
BODIES UNDER
ABNORMAL CLIMATIC CONDITIONS IN 2020**

Vlasova N.N.

Ural Department of Hydrometeorology and environmental monitoring,
Ekaterinburg, Russia

Key words: hazardous hydro/meteorological phenomena, forecasting.

The article deals with currently existing abnormal climatic situation on the territory of the Urals in 2020 (Sverdlovsk, Chelyabinsk, Kurgan oblasts, and Perm Kray).

Одними из важнейших задач ФГБУ «Уральское УГМС» являются прогнозирование опасных и неблагоприятных явлений погоды, предоставление информации о прогнозируемых явлениях органам государственной власти, местного самоуправления, территориальным органам МЧС и заинтересованным организациям, а также метеорологическое обеспечение аварийно-спасательных и восстановительных работ в районах, пострадавших от опасных природных явлений.

Заблаговременное и эффективное прогнозирование опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) и оповещение органов власти и МЧС необходимы для обеспечения готовности к ожидаемым ОЯ, для выработки и подготовки превентивных мер, снижения возможного материального ущерба. Ежегодный потенциальный ущерб от опасных и неблагоприятных явлений на территории ФГБУ «Уральское УГМС», осредненный за период 2010–2019 гг., оценивается в 11,42 млрд рублей [1]. Задачи метеорологического обеспечения органов власти и управления становятся особенно актуальными в аномальных климатических условиях.

2020 год на территории Урала (Свердловская, Челябинская, Курганская области, Пермский край) оказался рекордно теплым, средняя годовая температура воздуха составила +3, +6°, на 2–3° выше нормы. Год характеризовался достаточным, местами избыточным, количеством осадков (94–129% годовой нормы). Отличительными приметами года являются: теплая многоснежная зима (декабрь 2019 – февраль 2020 года), которая оказалась самой теплой в истории инструментальных наблюдений; ранняя весна, наступившая при переходе среднесуточной температуры воздуха через 0° в сторону повышения в большинстве районов Урала 8–10 марта, почти на месяц раньше средних сроков и на неделю раньше самых ранних сроков. Год характеризовался жарким (на 2–4° теплее нормы) и в большинстве районов засушливым июлем (выпало 11–77% месячной нормы осадков), местами дефицит осадков восполнялся только благодаря ливневым дождям. В Екатеринбурге период 8–19 июля оказался самым жарким в истории метеорологических наблюдений, 16 июля отмечен абсолютный рекорд тепла: 39,1°. В

целом июль в Екатеринбурге при средней температуре 22,5° вошел в тройку самых жарких месяцев, наряду с июлями 1988 и 1989 годов.

Все ОЯ 2020 года относятся к теплому сезону. Прошедший год был насыщен быстроразвивающимися опасными явлениями, связанными с развитием конвекции (шквал, очень сильный дождь). Часто наблюдалась сильная жара при температуре воздуха днем 36° и более, периоды аномально жаркой погоды с превышением среднесуточной температуры воздуха над нормой на 7° и более.

В связи с жаркой сухой погодой начиная с 8 июня местами в Челябинской области наблюдалось ОЯ – атмосферная и почвенная засуха, запасы продуктивной влаги в пахотном слое составляли менее 10 мм в течение 3–5 декад. Почвенная засуха наблюдалась также с середины июля до второй декады августа местами в Пермском крае, на востоке Свердловской, юге Курганской и Челябинской областей. Кроме этого, в июле местами на территории Урала отмечались суховеи. Налив зерна, созревание яровых хлебов, цветение картофеля, рост корне-, клубнеплодов, отрастание отавы проходили при неблагоприятных условиях. Суховеи иссушали почву, у растений наблюдалась потеря тургора, преждевременное засыхание нижних листьев у яровых зерновых, засыхание трав на корню. Наблюдалось снижение урожайности с/х культур. Агрометеорологи ФГБУ «Уральское УГМС» указывали на опасные погодные условия, регулярно предоставляли специализированные доклады органам власти и с/х предприятиям. По данным министерства сельского хозяйства Челябинской области было списано 393,5 тыс. га посевных площадей. Общий ущерб был оценен в 1 млрд 728 млн рублей.

Высокая температура воздуха и дефицит осадков неоднократно создавали условия для роста высокой и чрезвычайной пожарной опасности 4 и 5 класса по условиям погоды. Уже к 10 мая местами на территории Урала показатель пожарной опасности достиг 5 класса по региональной шкале, горимость сохранялась местами в Свердловской и Челябинской областях 12–15 дней, в Курганской области 5 дней. В июне чрезвычайная пожарная опасность наблюдалась местами на севере и юго-востоке Свердловской области в течение 16 дней, на Южном Урале от 18 до 24 дней.

Пик горимости наблюдался в июле, 5 класс пожарной опасности по условиям погоды сохранялся в течение 7 дней в Пермском крае, до 19 дней в Свердловской области, 22–29 дней на Южном Урале. Устойчиво держалась чрезвычайная пожарная опасность на севере Свердловской области из-за длительного отсутствия дождя и жаркой погоды. В Екатеринбурге комплексный показатель горимости (КПГ) достигал в конце месяца 14751° (5 класс горимости леса по шкале Нестерова).

В первой декаде августа местами на юге Свердловской области еще сохранялся 5 класс пожарной опасности. Ситуация оставалась сложной в Курганской области, в Кургане чрезвычайная пожарная опасность сохранялась два месяца, 11 августа КПГ достиг 38300°. Затем благодаря выпавшим дождям и понижению температуры воздуха горимость понизилась до 1 класса. В сентябре 5 класс горимости леса отмечался лишь местами на юге Челябинской области.

Все случаи высокой и чрезвычайной пожарной опасности были предусмотрены с суточной и трехдневной заблаговременностью синоптиками ФГБУ «Уральское УГМС» и его филиалов в Перми, Челябинске и Кургане.

По данным Министерства природных ресурсов в Свердловской области с начала сезона до конца июля возникло 474 природных пожара на площади 7911 га, больше половины из них в июле. На конец пожароопасного сезона возникло 513 пожаров на площади 10090 га, площадь в 3 раза больше, чем в аномально жарком сезоне 2016 года. На тушении были заняты 653 человека и 148 единиц техники, авиация и все виды раннего обнаружения очагов лесных пожаров. К тушению пожаров привлекались специалисты из других регионов страны. В Ивдельском ГО, Гаринском ГО и ГО Пелым был введен режим ЧС. Наиболее крупный очаг возгорания, долго не поддававшийся локализации, действовал в июле в районе Пелыма (около 1600 га), трудности в тушении пожара наблюдались в

заповеднике «Денежкин камень» около Североуральска. Синоптики ФГБУ «Уральское УГМС» в течение месяца вели обеспечение района ЧС специализированными прогнозами, что способствовало планированию работ по локализации и тушению очагов возгорания.

25 мая местами в горах Среднего Урала прошли очень сильные дожди 30–33 мм, на юге Свердловской области наблюдался очень сильный ветер 27–30 м/с, в Екатеринбурге 23 м/с (сильный ветер). Причиной активного развития конвективных процессов и возникших опасных явлений погоды являлось прохождение углубляющегося южного циклона с активным холодным фронтом, обострившимся днем в связи с выносом теплого воздуха с районов Казахстана и интенсивным дневным прогревом в теплом секторе циклона до 36–37° С. Также влияние оказала орография Уральского региона.

Ущерб отмечен в 19 МО Свердловской области, 47 населенных пунктах с населением более 23700 тыс. человек, пострадали 5 человек, из них 4 погибли. Зафиксированы отключения электроэнергии, 99 падений деревьев, 13 срывов кровли, 77 обрывов линий электропередач, повреждение 20 автомобилей и остановочных комплексов. В ликвидации последствий стихии задействованы от РСЧС 294 человека, 98 ед. техники, в том числе от МЧС 93 человека, 22 ед. техники. ОЯ было предсказано синоптиками ФГБУ «Уральское УГМС» с заблаговременностью более 1 суток.

20–21 июля на Среднем Урале, в горах Челябинской области наблюдались очень сильные дожди, местами повлекшие за собой значительный ущерб. Днем 20 июля в Бисерти Свердловской области выпало 82 мм осадков за 2 ч (очень сильный дождь), ночью 21 июля выпало еще 20 мм (сильный дождь). Всего за неполные сутки выпало 102 мм осадков (120% месячной нормы). Такое количество осадков в Бисерти наблюдалось впервые за всю историю наблюдений на метеостанции (95 лет). Причиной очень сильных дождей явилось влияние мезомасштабного малоподвижного циклона и связанного с ним фронта окклюзии, обострение фронта в условиях орографии Уральского региона.

По сведениям ГУ МЧС Свердловской области 20 июля в г. Нижние Серги (население около 10 тыс. человек), расположенного в 30 км от г. Бисерть, из-за выпавших осадков наблюдался резкий подъем уровней воды и интенсивный дождевой паводок на малых реках бассейна реки Серги (Заставка, Серебрянка, Сторожевая). Отмечались многочисленные разрушения линий электропередач, произошло подтопление 231 жилого дома, (2 дома снесены), 4 административных зданий, разрушены дороги, 3 пешеходных и 1 автомобильный мост. В г. Нижние Серги был введен режим ЧС. Для ликвидации последствий затопления проводились работы по восстановлению электроснабжения, расчистке русла р. Заставка и улиц города, откачке воды из подвалов домов. Было организовано 3 пункта временного размещения людей, оказывалась адресная помощь жителям затопленных домов.

ОЯ было предсказано с заблаговременностью более 1 суток. В соответствии с Соглашением с ГУ МЧС Свердловской области синоптиками ФГБУ «Уральское УГМС» на протяжении 4 месяцев проводилось расширенное метеорологическое обеспечение территорий, пострадавших от очень сильных дождей: ежедневно составлялись кратко-, среднесрочные прогнозы по г. Нижние Серги, проводились регулярные консультации органов МЧС.

В 2020 году на территории деятельности ФГБУ «Уральское УГМС» наблюдалось 49 ОЯ, в том числе 2 гидрологических и 8 агрометеорологических. Синоптики ФГБУ «Уральское УГМС» и его филиалов выпустили более 270 штормовых предупреждений по 4 областям (Свердловская, Челябинская, Курганская области, Пермский край). Оправдываемость и эффективность штормовых предупреждений составила 99,7%.

ВЫВОДЫ

1. 2020 год со средней годовой температурой на 2–3° выше нормы подтвердил продолжающуюся тенденцию потепления климата.

2. Количество ОЯ 2020 года было близко к среднему за последние 5 лет, при этом год характеризовался большим количеством явлений, связанных с сильной жарой, повышенной пожарной опасностью, очень сильным ветром.
3. Некоторые из явлений, нанесших ущерб, потребовали дополнительных усилий по метеообеспечению районов восстановительных работ и ликвидации последствий ОЯ. Синоптики Уральского УГМС успешно справились с этой задачей.
4. Несмотря на недостаточную методическую обеспеченность прогнозов экстремальных быстроразвивающихся явлений (шквалы, сильные ливни), все ОЯ на территории Свердловской области были успешно спрогнозированы, заинтересованные организации были своевременно уведомлены о прогнозируемых явлениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический отчет об опасных гидрометеорологических явлениях, наблюдавшихся на территории Свердловской, Челябинской, Курганской областей, Пермского края в 2020 году. Екатеринбург, ФГБУ «Уральское УГМС», 2021.
2. *Оганесян В.В., Стерин А.М., Воробьева Л.Н.* Потенциальные ущербы от опасных и неблагоприятных метеорологических явлений на территории Российской Федерации: региональные особенности. М., 2021. С. 143–154.
3. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала. Ч. 3. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987.
4. Справочник по климату СССР. Выпуск 9, часть 4. Ленинград: Гидрометеиздат, 1968.

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
		Истока	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.

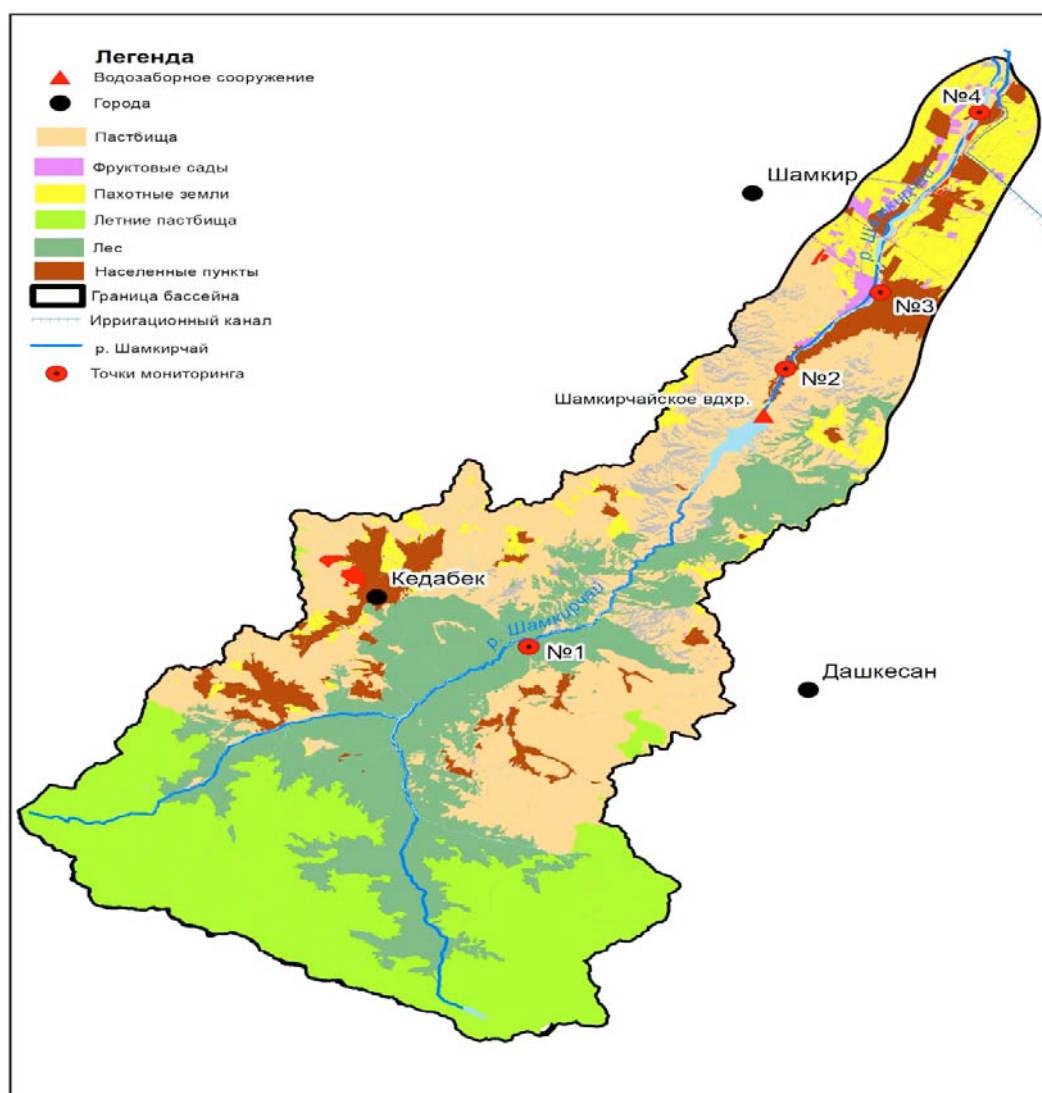


Рис. 1. Бассейн р. Шамкирчай.

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 расчета. 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.

ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ КОМПЛЕКСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Кролевецкая Ю.В.^{1,2}, Киршанкова О.А.¹, Федченко Т.Ю.¹

¹ Дальневосточный филиал ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Владивосток, Россия

² ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия.
e-mail: dike050@mail.ru

Ключевые слова: водные объекты, право пользования водным объектом, государственный водный реестр, схемы комплексного использования и охраны водных объектов, комплексное водопользование, информационно-аналитическое сопровождение, геоинформационная система, пространственные данные.

В статье приводятся сведения о необходимости применения геоинформационных технологий при решении задач в области управления водными ресурсами. Предлагается к рассмотрению возможность информационно-аналитического обеспечения поддержки комплексного водопользования на основе системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования водными объектами в зоне деятельности Амурского бассейнового водного управления.

THE POSSIBILITIES OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR INTEGRATED WATER USE BASED ON GEOINFORMATION TECHNOLOGIES.

Krolevetskaya Y.V.^{1,2}, Kirshankova O.A.¹, Fedchenko T. Y.¹

Far Eastern branch of the FSBI RosNII VH, Vladivostok, Russia

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

e-mail: dike050@mail.ru

Keywords: water bodies, right to use a water body, state water register, schemes of integrated use and protection of water bodies, complex water use, information and analytical support, geoinformation system, spatial data.

The article provides information about the need to use geoinformation technologies in solving problems in the field of water resources management. It is proposed to consider the possibility of information and analytical support for integrated water use based on the system of information support for the procedure for granting rights to use water bodies in the area of activity of the Amur basin water management.

Комплексное водопользование предполагает использование водного объекта одним или несколькими водопользователями и является одним из основных принципов водного законодательства Российской Федерации [1]. Оформление права пользования является одним из первых этапов в процессе использования водного объекта как со стороны водопользователя, так и со стороны уполномоченного органа в области управления водными ресурсами.

Условно, вне зависимости от вида и цели использования водного объекта, процесс водопользования можно разделить на три основных этапа: планирование, оформление права пользования водным объектом, водопользование.

Одна из важных задач на всех этапах водопользования – предупреждение нарушений прав водопользователей при осуществлении комплексного использования водного объекта.

Нарушения прав водопользователей могут приводить к последствиям правового, экономического и технического характера, а также к невозможности осуществлять водопользование в установленном режиме, возникновению ситуаций, приводящих к негативному воздействию на водные объекты, прилегающие территории.

При планировании хозяйственной деятельности, выборе местоположения объекта водопользования, будущий водопользователь не всегда может учесть пространственное расположение соседствующих водопользователей или других природопользователей самостоятельно, что может привести к различного рода проблемам в процессе водопользования, вплоть до невозможности его осуществления.

Например, довольно-таки распространенной проблемой, с которой сталкиваются водопользователи на этапе оформления права пользования водным объектом, является необходимость при определении местоположения границ объекта водопользования не допустить нарушения границ существующих объектов водопользования.

Предоставление права пользования водными объектами – это государственная услуга, реализуемая уполномоченными органами государственной власти Российской Федерации, субъектами и органами местного самоуправления в области управления водными ресурсами.

В рамках реализации государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами специалисты Амурского бассейнового водного управления (Амурского БВУ) сталкивались с необходимостью проверки местоположения границ объектов водопользования, указываемых заявителями. Данная процедура требовала оптимизации посредством применения геоинформационных технологий, для чего была разработана система информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования водными объектами в зоне деятельности Амурского БВУ [2]. Основа системы – реестр объектов водопользования на картографической основе. Система используется для осуществления информационной поддержки государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами.

Анализ выполняемых работ по информационному сопровождению государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами в зоне деятельности Амурского БВУ в рамках разработанной системы показал высокую эффективность применения геоинформационных систем в рамках поставленной задачи. А также возможность и необходимость применения геоинформационных систем для информационно-аналитического обеспечения поддержки комплексного водопользования при реализации задач управления водными объектами [3].

Государственный водный реестр, созданный в целях информационного обеспечения комплексного использования водных объектов и содержащий сведения, в том числе и об использовании водных объектов, в настоящее время не имеет привязки к картографической основе, сведения хранятся преимущественно в табличной форме [4]. Не совершенны и механизмы получения информации, хранящейся в нем, что делает его малоэффективным инструментом при планировании и осуществлении водопользования и иной хозяйственной деятельности.

Основным инструментом обеспечения комплексного использования водных объектов являются разработанные схемы комплексного использования и охраны водных объектов, однако результаты их применения выявили необходимость в совершенствовании нормативной и методической базы при их разработке и применении [5].

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов разрабатываются на геоинформационной основе, однако нормативные и методические требования к геоинформационно-картографическому блоку отсутствуют [6].

Наличие единой информационной базы на основе использования геоинформационных технологий, отображающей полную структуру водопользования, обеспечило бы комплексное водопользование действенным управленческим инструментом.

Сведения об объектах водопользования, в зависимости от целей использования водного объекта, находятся в разных ведомствах, отсутствие единой информационной базы, несмотря на осуществление межведомственного взаимодействия, зачастую значительно осложняет задачи, связанные с управлением и использованием водных объектов. В связи с чем, оперативно получить полную информацию об имеющейся структуре водопользования на определенной территории является сложной задачей.

Предлагается на основе системы информационного обеспечения процедуры предоставления прав пользования водными объектами в зоне деятельности Амурского БВУ разработать информационно-аналитическую систему поддержки комплексного водопользования.

Поддержка комплексного водопользования для решения управленческих задач на основе геоинформационных технологий, в первую очередь, подразумевает наличие пространственной базы, которая содержит сведения обо всех объектах водопользования, включая зоны с особыми условиями использования территорий.

Назначение системы поддержки комплексного водопользования – информационно-аналитическое обеспечение деятельности в области управления комплексным использованием водными объектами. Главная задача на первом этапе – обобщение межведомственной информации об объектах водопользования и ее представление на картографической основе.

Водным кодексом предусмотрено приобретение права пользования с предоставлением водного объекта в пользование (на основании договоров и решений), также водопользование осуществляется в некоторых случаях и без предоставления водного объекта (для целей морского, внутреннего и воздушного транспорта; для целей рыболовства и аквакультуры). Поэтому основной состав пространственной базы для поддержки комплексного водопользования должен учитывать все объекты водопользования.

В настоящее время пространственная база данных содержит часть сведений об объектах водопользования в зоне деятельности Амурского БВУ, а также Приморского территориального управления Росрыболовства.

В базовый состав пространственной базы данных должны быть включены следующие сведения об объектах водопользования, согласно государственному водному реестру:

- ☐ о водохозяйственных участках;
- ☐ о водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах, зонах затопления, подтопления, а также других зонах с особыми условиями их использования;
- ☐ об использовании водных объектов, в том числе о водопотреблении и сбросе вод, в том числе сточных, в водные объекты;
- ☐ о договорах водопользования, в том числе их государственной регистрации, переходе прав и обязанностей по договорам водопользования, а также о прекращении указанных договоров;
- ☐ о решениях о предоставлении водных объектов в пользование, в том числе об их государственной регистрации, а также о прекращении права пользования водными объектами, предоставленными на основании этих решений;
- ☐ об иных документах, на основании которых возникает право собственности на водные объекты или право пользования водными объектами;
- ☐ о разрешениях на захоронение грунта, извлеченного при проведении дноуглубительных работ, во внутренних морских водах и в территориальном море Российской Федерации.

Представленные сведения позволяют получить полную структуру водопользования в рамках какой-либо территории (водохозяйственного бассейна, гидрографической единицы, административно-территориальной единицы) или отдельного интересующего водного объекта (рис. 1).

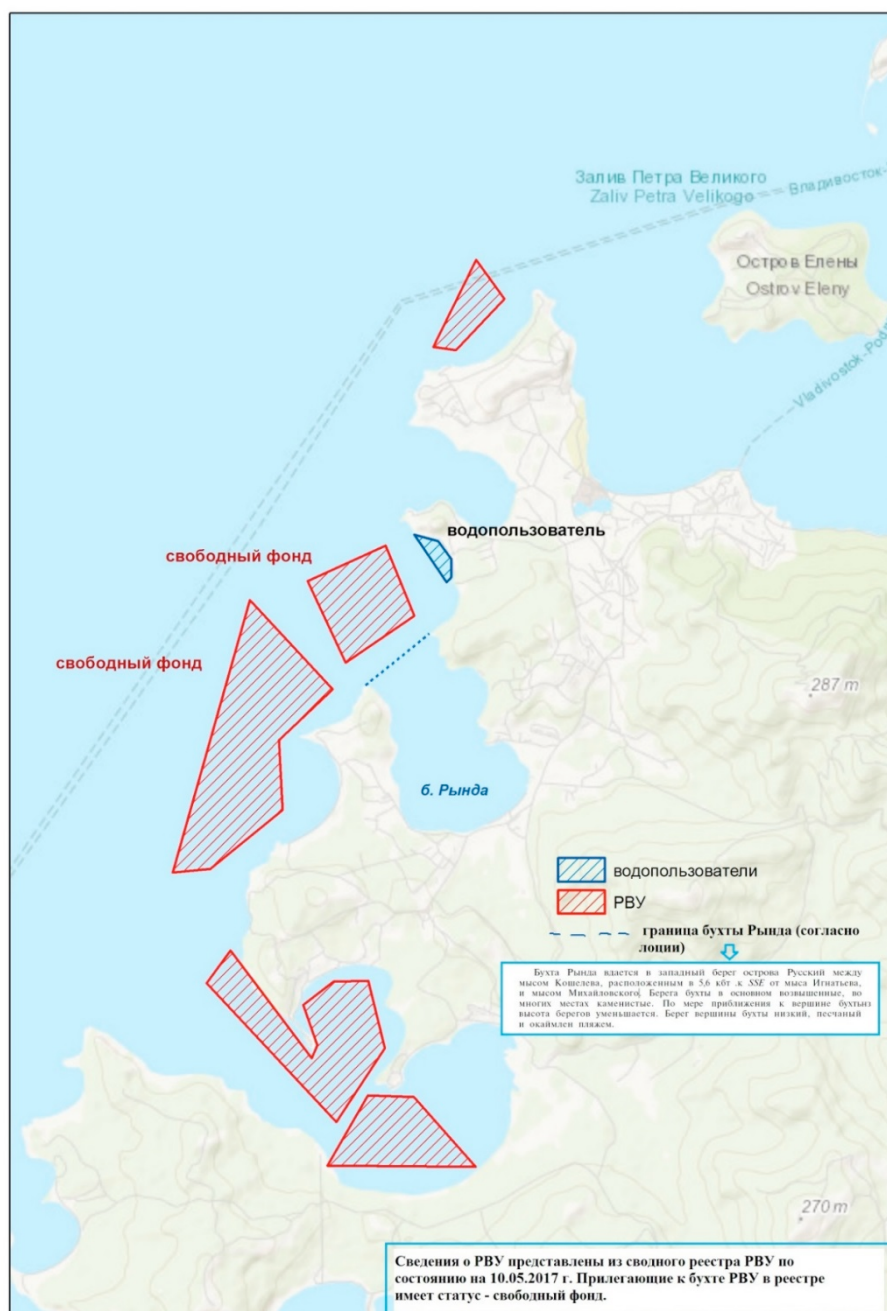


Рис. 1. Комплексное водопользование в б. Рында.

Следует отметить, что ввиду отсутствия единой картографической основы, используемой для задач управления в области водного хозяйства, разрозненности сведений об объектах водопользования и других необходимых сведений, использование геоинформационных технологий является единственным доступным способом, позволяющим интегрировать и оперировать пространственными данными для оперативного решения поставленных задач.

Применение пространственных данных и геоинформационных технологий позволяет формировать комплексную картину исследуемого объекта, анализировать происходящие

изменения, объединять различные форматы пространственных данных и технологий их обработки.

Информационно-аналитическое сопровождение поддержки комплексного водопользования в зоне деятельности Амурского БВУ в рамках предлагаемой системы для целей принятия своевременных и эффективных управленческих решений при осуществлении управления комплексным использованием водных объектов может послужить основой для разработки нормативно-методической базы по применению пространственных данных для задач управления водным хозяйством.

Таким образом, применение геоинформационных технологий является неотъемлемой частью при решении задач, связанных с информационно-аналитическим обеспечением задач, связанных с управлением пространственными объектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017) // СПС КонсультантПлюс.
2. *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: проблемы, технологии, управление. 2017. № 6. С. 34–47.
3. *Кролевецкая Ю.В.* Информационная поддержка государственной услуги по предоставлению права пользования водными объектами (на примере Амурского БВУ). Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2020. № 4 (148). С. 60–64.
4. *Чмыхов А.А., Калиманов Т.А., Косолапов А.Е.* Информационное обеспечение Росводресурсов: современное состояние и перспективы развития // Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сб. мат-лов Всероссийской научно-практической конференции: в 2 т, 2018. С. 51–59.
5. *Беляев С.Д.* Первоочередные меры по совершенствованию нормативной и методической базы разработки схем комплексного использования и охраны водных ресурсов//Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 5. С. 29–40.
6. *Прохорова Н.Б.* Анализ замечаний и предложений по результатам апробации в территориальных органах Росводресурсов методических документов, обеспечивающих разработку СКИОВО И НДВ // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2009. № 3. С. 106–116.

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ БЕСХОЗЯЙНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ**

Курганович К.А., Шаликовский А.В., Босов М.А., Кочев Д.В.

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

Ключевые слова: бесхозяйные гидротехнические сооружения, цифровая модель рельефа, беспилотные летательные аппараты, аэрофотосъемка, фотограмметрическая обработка.

В статье рассмотрены практические аспекты использования беспилотных летательных аппаратов для обследования состояния бесхозяйных противопаводковых гидротехнических сооружений, приведены выявленные дефекты на примерах сооружений Забайкальского края.

**THE PRACTICE OF USING MODERN REMOTE SENSING DEVICES IN
MONITORING OWNERLESS HYDRAULIC STRUCTURES OF THE TRANS-BAIKAL
TERRITORY**

Konstantin A. Kurganovich, Andrey V. Shalikovskiy, Maxim A. Bosov, Denis V. Kochev

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and
Protection Protection» Eastern Branch, Chita, Russian Federation
e-mail: vostokniihv@mail.ru

Keywords: ownerless hydraulic structures, digital terrain model, unmanned aerial vehicles, aerial photography, photogrammetric processing.

The article discusses the practical aspects of the use of unmanned aerial vehicles for examining the state of ownerless flood control hydraulic structures. The defects of ownerless hydraulic structures identified by this method are given.

Бесхозяйные гидротехнические сооружения (ГТС) представляют опасность для окружающей среды и человека из-за отсутствия должного мониторинга за ними. Отсутствие наблюдения, своевременной оценки состояния и выявления возможных дефектов ГТС могут привести к серьезным негативным последствиям [3]. Решением данной проблемы является использование высокодетальной цифровой модели местности, полученной по данным съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [2].

Мониторинг состояния бесхозяйных противопаводковых гидротехнических сооружений Забайкальского края выполнялся по следующему плану. БПЛА производил съемку местности, полученная серия снимков анализировалась с использованием алгоритмов реконструкции трехмерной сцены из фотографий, таких как structure from motion (SfM) и multi-view stereo (MVS) [5]. В результате реконструкции получена цифровая модель рельефа и ортофотоплан местности, которые дают возможность количественного анализа дефектов ГТС. Методы SfM и MVS являются в настоящее время наиболее развитыми алгоритмами получения трехмерных моделей местности и наиболее широко используемыми в науках о Земле. 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 %) [4].

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.

Для генерирования цифровой модели рельефа и ортофотопланов из аэрофотоснимков, выполненных в нади́р, использовалось ПО Agisoft Photoscan (<http://www.agisoft.ru>) (рис. 1).

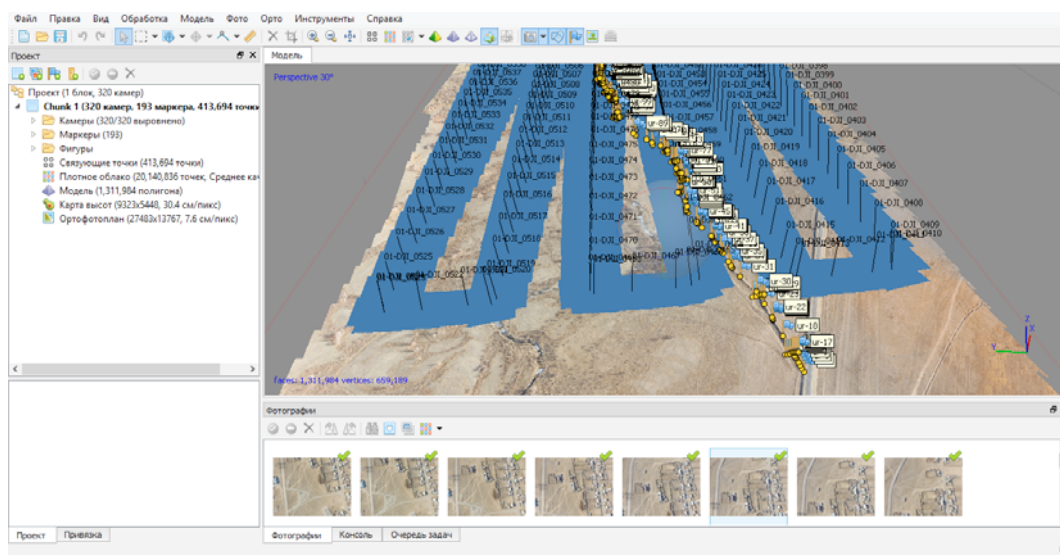


Рис. 1. Фотограмметрическая реконструкция трехмерной сцены.

Для проверки достоверности полученной цифровой модели рельефа и истинных значений необходимо использовать сеть наземных контрольных точек, полученных с помощью приемника GNSS в режиме RTK, а также сеть опорных точек, которые отмечаются на твердых основаниях, не подвергавшихся изменению за время исследования (рис. 2). Их размер должен быть больше разрешающей способности снимков, чтобы не составило труда их отыскать и разместить специальные маркеры привязки снимков к требуемой системе координат [1].

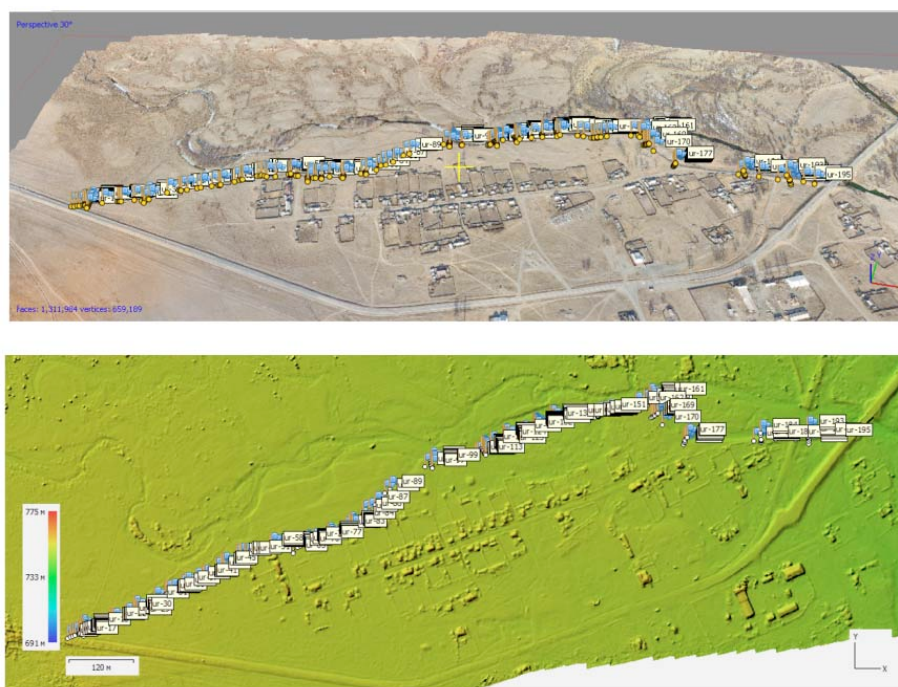


Рис. 2. Ортофотоплан и цифровая модель рельефа с размещенными контрольными точками на дамбе на примере с. Дорожное Забайкальского края.

Погрешность метода измерения оценивались с использованием GNSS и показала ошибку от 0,08 до 0,13 метра, что сопоставимо с горизонтальным разрешением снимка (разрешение снимка БПЛА составляет 8 сантиметров/пиксель).

Таким образом, апробация предлагаемой методики показала следующие результаты:

1. Построены высокдетальные трехмерные модели защитных сооружений для сооружений Забайкальского края.
2. По гребням защитных сооружений из модели рельефа извлечены продольные профили.
3. Определены дефекты гидротехнического сооружения:
 - понижение отметок гребней дамб из-за интенсивного автомобильного движения на их участках, необорудованных съездами (рис. 3);
 - деформации, появившиеся в результате пеших переходов и скотопрогонов через дамбу;
 - размыв берегов в результате дождей и паводков;
 - несоблюдение проектных отметок.



Рис. 3. Продольный профиль участка дамбы в с. Дорожное, показывающий понижение отметок из-за автомобильного съезда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курганович К.А., Шаликовский А.В., Курганович Н.А., Голятина М.А. Опыт применения данных дистанционного зондирования Земли и беспилотных летательных аппаратов для решения водохозяйственных задач // Сборник материалов XIV Международного научно-практического симпозиума и выставки «Чистая вода России» (г. Екатеринбург, 18-20 апреля 2017 г.). Екатеринбург, 2017. С. 58-62.
2. Курганович К.А., Шаликовский А.В., Босов М.А., Кочев Д.В. Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга состояния бесхозных

противопаводковых гидротехнических сооружений Забайкальского края // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2. № 1. С. 32-43. <https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.1.32>

3. Шаликовский А.В., Курганович К.А. Управление риском наводнений в мире и в Российской Федерации // Вестник Забайкальского государственного университета. 2012. № 5 (84). С. 21-31.
4. Ridolfi E., Buffi G., Venturi S., Manciola P. Accuracy analysis of a dam model from drone surveys // Sensors. 2017. Vol.17. Iss. 8. P. 1777. DOI: 10.3390/s17081777.
5. 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, vol. 179, pp. 300-314. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.08.021.

**К ВОПРОСУ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПРАКТИЧЕСКОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИТЕРИЕВ НДТ ПРИ НОРМИРОВАНИИ СБРОСА
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД
(НА ПРИМЕРЕ АО «СУБР»)**

Лапина Т.В., Носаль А.П.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и
охраны водных объектов», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: ltv0226@mail.ru, nosal_ap@mail.ru

Ключевые слова: водный объект, нормирование, норматив допустимого сброса, загрязняющие вещества, водопользователь.

Работа посвящена оценке требований к выдаче разрешительной документации в период перехода на НДТ на примере АО «СУБР». Проанализирована законодательная документация в рамках выдачи разрешительной документации. Приведены сведения о качестве сточных вод АО «СУБР». Указана необоснованность отказа в выдаче разрешений на сброс. Приведена оценка влияния сточных вод на водные объекты на примере р. Вагран.

**ON THE ISSUE OF PRACTICAL APPLICATION OF THE BAT'S CRITERIA IN
SETTING NORMS OF THE POLLUTANTS DISCHARGE DURING THE TRANSITION
PERIOD (JSC «SUBR» AS A STUDY CASE)**

Lapina T. V., Nosal A. P.

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management
and Protection», Ekaterinburg, Russia
e-mail: ltv0226@mail.ru, nosal_ap@mail.ru

Keywords: water body, rationing, standard of permissible discharge, polluting substance, water user.

The work is devoted to the assessment of the requirements for the issuance of permits during the transition to BAT on the example of JSC «SUBR». We have analyzed the legislative documentation in the framework of the issuance of permits. Information on the quality of wastewater of JSC «SUBR» is presented. Unreasonable refusal to issue permits for discharge is indicated. An assessment of the impact of wastewater on water bodies is given on the example of the Vagran River.

Объективная необходимость сочетания рационального использования и охраны природных ресурсов обуславливают постоянное развитие и поэтапное совершенствование природоохранного законодательства с учетом отечественного и мирового опыта. В настоящий момент водопользователи столкнулись с внедрением новых положений регламентирования деятельности, связанных с нормированием сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

С 01.01.2019 г. в силу вступили изменения в федеральном законе № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», внесенные в соответствии ранее принятыми законодательными актами [1, 2].

В целях предотвращения негативного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности согласно ст. 21 и 22 Федерального закона «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 для стационарных источников загрязнения гидросферы должны устанавливаться нормативы допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, а также технологические нормативы.

Принципиальность нововведения заключается в том, что объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), в зависимости от уровня такого воздействия подразделяются на четыре категории, нормирование по которым существенно отличается. Объекты, отнесенные к объектам I категории НВОС, при нормировании должны в обязательном порядке соответствовать критериям использования наилучших доступных технологий (НДТ), разработанных для основных сфер хозяйственной деятельности.

Объекты I категории НВОС обязаны получить комплексное экологическое разрешение (КЭР), которое должно включать индивидуальные технологические нормативы, не превышающие технологических показателей НДТ по специализированным инженерно-техническим справочникам (ИТС). Переход на обязательное соблюдение НДТ предприятиями I категории НВОС предусмотрен к 2025 г.

При этом в период перехода предприятий на НДТ до разработки и получения КЭР объекты I категории НВОС могут получить разрешительную документацию на сброс сточных вод и загрязняющих веществ по существовавшей до 2019 г. схеме: разработать и утвердить проект НДС, получить разрешение на сброс с приложением плана мероприятий по достижению НДС, обеспечивающих соблюдение нормативов качества воды в контрольных створах водоприемника.

Согласно ст. 1 [1] под нормативом допустимого сброса понимаются нормативы сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для сброса в водные объекты стационарными источниками.

Технологические показатели (ТП) – это показатели концентрации загрязняющих веществ, объема и (или) массы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, образования отходов производства и потребления, потребления воды и использования энергетических ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги.

На практике выяснилось, что по многим веществам технологические показатели НДТ, рекомендуемые ИТС, превышают по абсолютным величинам действующие нормативы качества воды. Как следствие, возникла парадоксальная ситуация: требование достижения НДТ на перспективу для водопользователей на практике означает возможность отведения сточных вод с большими концентрациями загрязняющих веществ, чем согласно действующих НДС, что делает нецелесообразным реализацию плана водоохранных мероприятий, ввиду неэффективности материально-финансовых затрат в свете природоохранных целей, установленных на ближнюю перспективу законодательством. В результате наблюдается коллизия: водопользователь не видит смысла в затратах, которые не дают требуемого эффекта и не обоснованы с точки зрения перспективы природоохранной деятельности предприятия, а контролирующие органы, исходя из текущих задач, налагают штрафные санкции за формальное несоблюдение требований по достижению НДС более жестких, чем НДТ. Особенно это проблематично в случаях, когда повышенные концентрации загрязняющих веществ связаны с нерегулируемыми природными факторами.

Несмотря на временный характер такой ситуации, имеет смысл выработать общие правила переходного периода для исключения неоправданных перегибов на практике любой из сторон для устранения конфликтных ситуаций. Рассмотрим предлагаемый вариант выхода из ситуации на примере АО «Североуральский бокситовый рудник» (АО «СУБР»).

АО «СУБР» является предприятием по добыче боксита и относится к объектам I категории НВОС. В состав АО «СУБР» входит ряд крупных шахт (Черемуховская, Ново-Кальинская, Кальинская, Черемуховская Глубокая) и ряд других вспомогательных подразделений, включая закрытые шахты (Красная Шапочка и др.). На балансе АО «СУБР» имеется 8 выпусков сточных вод, которые отводят шахтные и дренажные воды.

Нижне-Обским бассейновым водным управлением в установленном порядке утвержден проект НДС веществ и микроорганизмов АО «СУБР» на период до 2024 г. Предприятием

была направлена заявка в территориальный орган Росприроднадзора для получения разрешений на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты.

Фактические концентрации в сточных водах на нескольких выпусках превышали допустимые концентрации НДС, что послужило основой для отказа в выдаче разрешения на сброс и в получении лимитов на сбросы загрязняющих веществ. По мнению территориального органа Росприроднадзора, представленный план мероприятий не позволяет достичь НДС.

Как следствие до сих пор предприятие не имеет утвержденной документации на право пользования водными объектами, формально являясь нарушителем законодательства и платит штрафы.

Отказ в выдаче разрешения и лимитов на сброс обоснован требованиями подпункта «г» пункта 25 «Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по предоставлению государственной услуги по выдаче разрешений на сбросы веществ (за исключением радиоактивных веществ) и микроорганизмов в водные объекты» (утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 января 2013 г. № 2) [3], который в регламенте прописан следующим образом: «выявление превышения установленных НДС (с учетом погрешности измерений) любого загрязняющего вещества, для сбросов которых не требовалось установления лимитов».

В письме территориального органа Росприроднадзора со ссылкой на данный подпункт указано, что в случае выявления превышений установленных НДС (с учетом погрешности измерений) любого загрязняющего вещества Росприроднадзор вправе оформить отказ в выдаче разрешения на сбросы в пределах утвержденных НДС в отношении всех загрязняющих веществ (в том числе и в отношении веществ, по которым обеспечиваются НДС).

Контролирующий орган допускает вольную трактовку положений указанного документа, распространяя отказ на все выпуски и нормируемые вещества, а не только на те, по которым выявлено превышение НДС.

Отказ в выдаче разрешения по всем выпускам и нормируемым веществам не прописан. А для веществ, по которым достижение нормативов допустимого сброса НДС невозможно в период их действия, устанавливаются лимиты сброса и разрабатывается план снижения сбросов.

Сравнение фактических концентраций в 2018–2019 гг. с установленными НДС демонстрирует превышение только на двух из восьми выпусков АО «СУБР» только по двум специфическим веществам, обусловленным природными особенностями: алюминий и сульфаты (табл. 1). Следует отметить, что в действующем НДС 2019 г. для большинства выпусков допустимые концентрации установлены более жесткие, чем в ранее действовавшем НДС 2014 г.

Анализ таблицы 1 показывает, что лимиты на текущий момент необходимо установить только для выпусков № 1–2 для алюминия и сульфатов. По остальным выпускам и веществам соблюдается требование не превышения концентраций $C_{ндс}$ и принципиально нет оснований для отказа в выдаче разрешения на сброс, тем более лимитов, вызывая сложности в деятельности предприятия до перехода к НДТ и получения КЭР.

Согласно определению, НДТ представляет собой технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемых на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения. Применительно к нормированию первостепенным является соблюдение технологических нормативов качества сточных вод, установленных по рекомендуемым НДТ в привязке к виду экономической деятельности предприятия. Технологические нормативы предусматривают нормирование маркерных веществ, отражающих специфику производства.

Табл. 1. Сравнение фактических концентраций по выпускам с $C_{ндс}$ 2019 и $C_{ндс}$ 2014

Выпуск сточных вод	Наименование загрязняющего вещества	Средняя концентрация $C_{факт}$ 2018 г., мг/л	Средняя концентрация $C_{факт}$ 2019 г., мг/л	$C_{ндс}$ 2014, мг/л	$C_{ндс}$ 2019, мг/л
Выпуск № 1 – шахтные воды после очистки	Алюминий	0,052	0,024	0,04	0,04
	Железо	0,076	0,09	0,11	0,129
	Сульфаты	216,67	190,63	100,0	100,0
	Взвешенные вещества	1,108	1,558	3,0	3,53
	Нефтепродукты	0,009	0,021	0,05	0,025
	Сухой остаток	691,0	584,21	547,2	707,0
Выпуск № 2 – шахтные воды после очистки	Алюминий	0,022	0,017	0,04	0,016
	Железо	0,184	0,25	0,284	0,3
	Сульфаты	197,83	182,81	100,0	131,84
	Взвешенные вещества	1,275	2,041	5,346	6,87
	Нефтепродукты	0,011	0,011	0,05	0,035
	Сухой остаток	653,17	611,79	586,8	760,0
Выпуск № 3 – шахтные воды после очистки	Алюминий	0,039	0,026	0,04	0,04
	Железо	0,072	0,087	0,135	0,133
	Сульфаты	120,17	99,09	100,0	100,0
	Взвешенные вещества	1,067	1,578	4,438	3,65
	Нефтепродукты	0,016	0,013	0,05	0,037
	Сухой остаток	441,17	406,67	480,6	623,0
Выпуск № 4 – дренажные воды без очистки	Железо	0,07	0,078	0,16	0,215
	Взвешенные вещества	0,99	1,008	4,76	3,15
	Нефтепродукты	0,01	0,01	0,05	0,03
	Сухой остаток	273,5	244,08	256,4	498,0
Выпуск № 5 – дренажные воды без очистки	Железо	0,09	0,124	0,198	0,25
	Взвешенные вещества	1,33	1,647	5,18	3,27
	Нефтепродукты	0,01	0,013	0,05	0,025
	Сухой остаток	303,25	282,0	283,42	324,0
Выпуск № 6 – дренажные воды без очистки	Железо	0,06	0,062	0,242	0,15
	Взвешенные вещества	0,88	1,148	2,63	2,75
	Нефтепродукты	0,01	0,008	0,05	0,03
	Сухой остаток	302,5	279,42	239,29	428,0
Выпуск № 7 – дренажные воды без очистки	Железо	0,06	0,077	0,084	0,136
	Взвешенные вещества	1,04	1,43	3,04	3,05
	Нефтепродукты	0,01	0,011	0,042	0,02
	Сухой остаток	226,25	191,33	191,29	248,0
Выпуск № 10 – шахтные воды после очистки	Алюминий	0,021	0,017	0,016	0,04
	Железо	0,067	0,077	0,133	0,131
	Взвешенные вещества	1,258	2,288	3,06	3,51
	Нефтепродукты	0,009	0,014	0,05	0,027
	Сухой остаток	452,33	389,08	665,546	700,0

АО «СУБР» согласно общероссийскому классификатору видов экономической деятельности присвоен код 07.29.3, который учитывается при разработке комплексного экологического разрешения (КЭР) и при нормировании. Коду соответствует ИТС 23-2017 «Добыча и обогащение руд цветных металлов», имеющий перечень маркерных веществ и их технологических показателей.

В список маркерных веществ при добыче и обогащении руд цветных металлов, к которым относится и добыча бокситов, включены взвешенные вещества, водородный показатель (рН) и вещества, которые могут содержаться в сбросах горнодобывающих предприятий (кадмий, медь, свинец, железо, никель, цинк, марганец, сульфаты, алюминий) [4]. На основании указанного ИТС утверждены технологические показатели НДТ добычи и обогащения руд цветных металлов (Приказ Минприроды России от 2 апреля 2019 г. № 206) [5]. Сравнение технологических показателей с фактом по АО «СУБР» приведено в таблице 2.

Табл. 2. Сравнение технологических показателей ИТС 23-2017 и фактических концентраций ЗВ в сточных водах АО «СУБР»

Наименование ЗВ	ТП, мг/л	Фактические концентрации ЗВ в сточных водах выпусков, мг/л							
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 10
Взвешенные вещества	≤ 20	1.558	2.041	1.578	1.008	1.647	1.148	1.43	2.288
Железо	≤ 2	0.09	0.25	0.087	0.078	0.124	0.062	0.077	0.077
Сульфаты	≤ 1300	190.63	182.81	99.09	—	—	—	—	0.017
Алюминий	≤ 0,85	0.024	0.017	0.026	—	—	—	—	—

Содержание большинства веществ, для которых справочником и приказом установлены технологические показатели, незначительно, что обусловило их исключение из состава контролируемых веществ в шахтных и дренажных водах предприятия. Для АО «СУБР» маркерными веществами из внесенных в список являются взвешенные вещества, железо, алюминий и сульфаты. Анализ ретроспективных данных по качеству сточных вод и их динамике с учетом особенностей местной гидрографической сети и функционирования системы водоотведения АО «СУБР» показал, что превышение рыбохозяйственных ПДК по маркерным показателям (железо, алюминий, сульфаты) является неустранимой тенденцией, причиной которой является сочетание природных и техногенных факторов. Анализ таблицы 2 показывает, что фактические среднегодовые концентрации маркерных веществ на выпусках существенно ниже допустимых технологических показателей.

Это демонстрирует, что используемые уже сейчас на предприятии технологии принципиально позволяют достичь основных целей концепции НДТ: фактические концентрации сточных вод на выпусках существенно ниже рекомендуемых технологических показателей данного вида деятельности. Отсутствие других маркерных показателей, предусмотренных ИТС, в определенной степени является положительным фактором при оценке соответствия предприятия критериям НДТ.

Таким образом, исходя из стратегии природоохранного законодательства предприятие уже сейчас соответствует целям, поставленным перед объектами I категории НВОС. Однако в текущий переходный период отсутствует правоприменительная практика назначения и использования ТП для водопользователей и сохраняется перекос при нормировании в сторону ориентации на рыбохозяйственные ПДК с предъявлением штрафов за несоблюдение недостижимых $C_{ндс}$ и пр.

До настоящего времени в нормативно-методических документах имеется множество разночтений, касающихся регламентации и оценки воздействия водопользователей на водные объекты, часто несопоставимых друг с другом. Получая разрешительные документы как нового, так и старого образцов, водопользователи обязаны одновременно соблюдать технологические показатели, $C_{ндс}$, ПДК и т.д. При этом контролирующие органы оценку воздействия определяют по самому жесткому нормативу. Потенциальный ущерб определяется формально и всегда не в пользу водопользователя, с установлением штрафов и иных видов наказаний, не учитывая собственно изменения состояния водного объекта, его экосистемы, за что они как бы устанавливаются. При этом оценка воздействия на водный

объект может быть существенным аргументом и контраргументом при решении вопроса о выдаче или отказе разрешения на сброс.

«Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» (утв. приказом Минприроды России от 13.04.2009 № 87) [6] ориентирована, в первую очередь, на сравнение с соответствующими ПДК и $C_{ндс}$, т.е. оценивает ограниченный диапазон характеристик водного объекта, затрагивая состояние экосистемы косвенно. «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» (утв. приказом Росрыболовства от 25.11.2011 № 1166) [7] более комплексная, но требуемые для ее применения исходные гидробиологические данные обычно отсутствуют, поскольку не входят в состав производственного контроля. Указанные методики между собой не стыкуются, используются разными ведомствами, поэтому нельзя рассматривать их как универсальные.

В связи с недостатками вышеизложенных документов для оценки изменения состояния водных объектов может использоваться ГОСТ Р 57075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности» [8]. Данным документом изменение состояния водного объекта определяется по показателям антропогенной нагрузки (ПАН) и связанными с ним классами качества воды в водном объекте. При помощи указанного ГОСТа оценка изменения состояния водных объектов проводилась на основе ежеквартальных результатов мониторинга качества воды в фоновых и контрольных створах предприятия.

Из табл. 3 видно, что качество воды р. Вагран в зоне влияния выпуска № 2 в основном равен I–II классу. Коэффициент динамики деградации качества воды водного объекта в зависимости от антропогенной нагрузки ($K_{ПАН}$) за весь рассматриваемый период не достигает критического значения 2,73, установленного ГОСТом. Из этого следует, что в настоящее время экосистема реки справлялась с оказываемой нагрузкой. Расчеты ПАН показали, что под влиянием деятельности АО «СУБР» класс качества воды в створах наблюдения практически не изменяется (отмечен только разовый переход от II-го к III-му классу качества воды).

Табл. 3. Показатели антропогенной нагрузки и коэффициент динамики деградации качества воды р. Вагран на участке влияния выпуска № 2 АО «СУБР» в 2018–2020 гг.

Створ наблюдений	1 кв. 2018	2 кв. 2018	3 кв. 2018	4 кв. 2018	1 кв. 2019	2 кв. 2019	3 кв. 2019	4 кв. 2019	1 кв. 2020	2 кв. 2020
ПАН в 500 м выше выпуска № 2	2,65	9,69	2,10	1,32	1,02	1,57	6,02	1,74	2,15	8,73
Класс качества вод	I	II	I	I	I	I	I	I	I	II
ПАН в 500 м ниже выпуска № 2	1,17	14,18	1,80	1,14	0,00	1,37	5,65	3,63	3,35	8,45
Класс качества вод	I	III	I	I	-	I	I	I	I	II
$K_{ПАН}$	0,44	1,46	0,86	0,86	0,00	0,87	0,94	2,09	1,56	0,97

В соответствии с ГОСТ Р 57075-2016 воды р. Вагран, как и других рек-водоприемников сточных вод АО «СУБР», соответствуют устойчивому стабильному состоянию водного объекта, при котором процессы самоочищения протекают с высокой скоростью.

Приоритет рыбохозяйственных ПДК над иными нормативами качества при оценке потенциального воздействия на водные объекты является хронической проблемой при осуществлении экологического нормирования и причиной нерационального ведения природоохранных мероприятий. АО «СУБР» по всем выпускам отводит воду питьевого качества, даже в самые критические периоды не превышая гигиенические нормативы. Существующие технологии очистки не позволяют достичь рыбохозяйственных ПДК по

сульфатам и алюминию. Принципиальная невозможность достижения $C_{ндс}$ по указанным показателям даже при использовании НДТ делает нецелесообразным и необоснованным требование разработки и осуществления экстраординарных природоохранных мероприятий по достижению $C_{ндс}$ до вступления в силу технологических показателей и утверждения КЭР при отсутствии подтвержденного изменения состояния водоприемника. Формальное толкование природоохранных требований как приоритет обязательного соблюдения рыбохозяйственных ПДК не может рассматриваться как незыблемое и неизменное, являясь причиной наложения необоснованных штрафных санкций, в связи с внедрением концепции НДТ согласно действующего законодательства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О внесении изменений в федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ // КонсультантПлюс: офиц. сайт. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165823/.
2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ // КонсультантПлюс: офиц. сайт. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.
3. Административный регламент Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по предоставлению государственной услуги по выдаче разрешений на сбросы веществ (за исключением радиоактивных веществ) и микроорганизмов в водные объекты // Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 января 2013 г. № 2 // Гарант: офиц. сайт. URL: <https://base.garant.ru/70407668/>.
4. ИТС 23 – 2017 Добыча и обогащение руд цветных металлов: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям: утв. Приказом Росстата от 15 декабря 2017 г. № 2839. Москва, Бюро НДТ, 2017. 336 с.
5. Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий добычи и обогащения руд цветных металлов»: Приказ Минприроды России от 2 апреля 2019 г. № 206 // URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/42756>.
6. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: утверждена приказом Минприроды России от 13.04.2009 № 87 // Гарант: офиц. сайт. URL: <https://base.garant.ru/12167365/>.
7. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам: утверждена приказом Росрыболовства от 25.11.2011 № 1166 // ТЕХЭКСПЕРТ. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: офиц. сайт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902333025>.
8. ГОСТ Р 57075-2016 Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности = Methodology and criteria of identification for best available techniques activity water use: нац. стандарт Российской Федерации: изд-ие офиц.: утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2016 г. № 1156-ст: введен впервые. 2016-04-01 / разработан ФГБУ РосНИИВХ // ТЕХЭКСПЕРТ. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: офиц. сайт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200139388>.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОХРАНИЛИЩ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ИХ СОСТОЯНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ УГЛИЧСКОГО)

Лупанова И.А., Крутенко С.А.

ФГБВУ «Центррегионводхоз», филиал «Управление эксплуатации Угличского
водохранилища», г. Углич, Россия

Григорьева И.Л., Федорова Л.П.

Институт водных проблем РАН, Ивановская НИС, Конаково, Россия

e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru

Ключевые слова: Угличское водохранилище, мониторинг, дно, берега, зарастание, водоохранная зона, качество воды, природоохранные мероприятия.

Рассмотрены основные виды мониторинговых работ, которые проводятся на Угличском водохранилище сотрудниками филиала ФГБВУ «Центррегионводхоз» – «Управление эксплуатации Угличского водохранилища». Показаны эксплуатационные и природоохранные мероприятия, которые выполняются на водоеме по результатам мониторинга. Установлено, что комплексный мониторинг водохранилищ является инструментом управления их состоянием.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF RESERVOIRS AS A TOOL FOR MANAGING THEIR CONDITION (THE UGLICH RESERVOIR AS AN EXAMPLE)

Lupanova I. A., Krutenko S. A.

FGBVU «Tsentrregionvodkhoz», branch of the Department of operation of the Uglich Reservoir,
Uglich, Russia

Grigoryeva I. L., Fedorova L. P.

Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Ivankovskaya scientific
research station, Konakovo, Russia

e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru

Keywords: Uglich reservoir, monitoring, bottom, banks, overgrowth, water protection zone, water quality, environmental measures.

The article present the principal of the monitoring work carried out in the Uglich Reservoir by employees of the «Tsentrregionvodkhoz», a branch of the Department of Operation of the Uglich Reservoir. The operational and environmental measures based on the results of monitoring are presented. It is established that integrated monitoring of reservoirs is a tool for managing their state.

ВВЕДЕНИЕ

Водохранилище – это природно-техногенный водоем, созданный вследствие перекрытия русла водотоков плотиной. Основная цель создания водохранилищ – накопление воды в половодье, перед началом которого выполняется сработка уровня. Весной производится наполнение водохранилища до НПУ (нормальный подпорный уровень).

Для водохранилищ, в отличие от рек и озер, характерны особый гидрологический, гидрохимический и гидробиологические режимы. За период существования происходит их изменение. Замедленный водообмен и поступление загрязняющих стоков способствуют развитию таких негативных процессов в водохранилищах, как цветение и зарастание мелководий. Волновой режим на широких акваториях вызывает обрушение берегов. Высокое стояние уровня приводит к подтоплению прибрежных территорий и т.д.

Отследить негативные процессы в водохранилищах возможно путем проведения

комплексного мониторинга [1]. На примере Угличского водохранилища рассмотрим составляющие мониторинга и те мероприятия, которые можно запланировать по его результатам.

Угличское водохранилище, вторая ступень Волжско-Камского каскада водохранилищ, создано в 1939 г. плотинной Угличской ГЭС у г. Углич. Расположено в пределах Угличского района Ярославской области и Кимрского, Калязинского и Кашинского районов Тверской области. По его берегам расположены города: Дубна, Кимры, Калязин, Углич. Полный объем водохранилища – 1,25 км³, полезный – 0,674 км³, площадь водного зеркала – 249 км², длина – 146 км, максимальная глубина у плотины – 23 м, средняя – 5,0 м, средняя ширина – 2,2 км, максимальная ширина – 5 км.

Угличское водохранилище относится к категории проточных водоемов. В нем отсутствует развитая пелагиаль и глубоководные участки (более 6 м) занимают менее 20 % акватории при условной норме в 50–70 %. Водохранилище руслового типа, поскольку оно ограничено склонами долины Волги, которая в районе Угличской гряды имеет небольшую ширину. Наиболее узким является верхний беспойменный участок от Иваньковского гидроузла до устья р. Медведицы. Нижний приплотинный участок – более широкий за счет заливов, образованных подтоплением рек, впадающих в водохранилище. Водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока и отличается единообразием годового хода уровней. Площадь водосбора Угличского водохранилища составляет 60 020 км², из которых леса занимают 42 %, болота 11 %, озера 2 %. Боковая приточность невелика и в среднем составляет 3,360 км³. Наиболее крупными боковыми притоками водохранилища являются реки: Дубна, Хотча, Медведица, Нерль, Кашинка, Жабня.

Ежегодное уменьшение полного объема водохранилища за счет накопления донных отложений не превышает 0,03 %. Всего на дне аккумулировалось около 29 млн т осадков, из которых примерно 75 % представлены крупнозернистыми наносами [2].

Угличское водохранилище имеет комплексное назначение. Оно используется с учетом интересов энергетики, транспорта, сельского и рыбного хозяйства, водоснабжения, рекреации и т.д. Является основным источником водоснабжения городов Дубна, Кимры, Углич и сельских поселков с одной стороны и также объектов массового отдыха с другой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинг Угличского водохранилища проводится в соответствии с:

- ☐ «Программой осуществления государственного мониторинга водных объектов, относящегося к зоне деятельности филиала «Управление эксплуатации Угличского водохранилища» ФГБВУ «Центррегионводхоз» на 2018–2020 г.;
- ☐ «Положением об осуществлении государственного мониторинга водных объектов» утвержденным Постановлением Правительства РФ от 10.04.2010 г. № 219;
- ☐ Приказом Министерства природных ресурсов РФ от 7 мая 2008 г. № 111;
- ☐ п. 2.3.8 Устава Учреждения, утвержденного приказом ФАВР от 27.05.11 №137.

Как известно, основной задачей мониторинга является сбор и обработка данных об изменении состояния водных объектов в целях:

- ☐ своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние;
- ☐ разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;
- ☐ оценки эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;
- ☐ информационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов.

Исходя из вышеизложенного, приоритетными направлениями мониторинга Угличского водохранилища являются наблюдения: за состоянием дна и степенью зарастания мелководных участков; за состоянием коренного берега; за состоянием водоохраных зон; за

состоянием гидротехнических сооружений, находящихся в оперативном управлении филиала.

Мониторинг состояния дна и степени зарастания мелководных участков Угличского водохранилища производится на 8 участках: р. Турайка и р. Пукша (Угличский район Ярославской области); Солоновский залив и р. Волга в г. Калязин (Калязинский район Тверской области); Плешковский залив, Михеевский залив, Скулинский залив, р. Медведица (Кимрский район Тверской области).

Общая площадь обследуемого дна Угличского водохранилища в 2020 г. составила – 158,9 га.

Исходя из природоохранной ценности водного объекта, а также с целью уменьшения экологической нагрузки (зарастание и заболачивание мелководий) в 2020 г. начаты работы по санитарной расчистке акватории Угличского водохранилища от водной растительности.

Места выполнения работ определены с учетом социальной значимости вблизи населенных пунктов и мест массового отдыха населения.

Работы по выкашиванию водной растительности выполнялись на основании «Программы санитарной расчистки от водной растительности Угличского водохранилища в р. Пукша на территории Головинского сельского поселения Угличского района Ярославской области и участка акватории в районе ул. Куликова г. Калязина Тверской области», согласованной с Росрыболовством.

Составлению программы предшествовали натурные исследования на этих участках.

В состав работ входили: промер глубин, описание высшей водной растительности на участках и определение степени их зарастания, а также отбор проб воды на заросших участках и на чистоводе. Химический анализ отобранных проб воды производился в аккредитованной химической лаборатории Ивановской НИС Института водных проблем РАН. В отобранных пробах воды определялись следующие показатели: рН, электропроводность, щелочность и жесткость общие, гидрокарбонаты, кальций, магний, сульфаты, хлориды, натрий, калий, железо общее и валовое, марганец, фосфор минеральный, общий и валовый, азот аммония, нитратов и нитритов, цветность, окисляемость перманганатная, БПК₅, ХПК, растворенный кислород, насыщение воды кислородом, растворенные формы цинка, свинца, меди и хрома.

Известно, что высшая водная растительность является одним из основных факторов регулирования качества воды в водоемах. Ежегодное отмирание и разложение макрофитов оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, вызывая ухудшение газового режима и увеличивая концентрацию биогенных элементов. Кроме этого, в комплексах сильного зарастания воздушно-водной растительностью и на участках сплавинных образований наблюдается застой водных масс, что способствует уменьшению растворенного в воде кислорода и увеличению концентрации в воде сероводорода, метана, аммиачного азота [3].

Ранее установлено, что площадь заросших мелководий в отдельных заливах и устьевых зонах притоков Угличского водохранилища достигает 50 % и более [4], что превышает оптимальный уровень развития макрофитов для различных видов водопользования. Например, для рыбного хозяйства, по мнению ряда исследователей, нормой является от 5–7 % [5, 7] до 8–12 % [6] от площади испрашиваемого района.

Химический анализ отобранных проб воды в р. Пукша и в прибрежной акватории Угличского водохранилища в районе ул. Куликова г. Калязин показал, что на участках, заросших высшей водной растительностью, для некоторых показателей (общий фосфор, цинк, свинец, медь) наблюдаются более высокие концентрации, чем на чистоводе. Расчистка заросших участков и удаление высшей водной растительности приведет к улучшению кислородного режима и снижению концентраций загрязняющих веществ.

В результате проведенных исследований и анализа литературных источников был сделан вывод о том, что для улучшения условий жизнеобитания и воспроизводства водных биологических ресурсов и улучшения качества воды, а также для обустройства

рекреационных зон, необходимо предотвратить чрезмерное зарастание и заболачивание мелководной зоны Угличского водохранилища. В первую очередь, это касается комплексов сильного зарастания воздушно-водной растительностью. Из многочисленных мелиоративных мероприятий было рекомендовано выкашивание жесткой надводной растительности с помощью камышекосилок, позволяющих восстановить водный обмен мелководья с глубоководной частью водохранилища улучшить химико-биологический режим прибрежной акватории, исключить вероятность появления здесь застойных явлений.

В период с июля по октябрь 2020 г. площадь санитарной расчистки составила 15 га. Убрано и вывезено на полигон ТБО 36 куб. м растительности.

Кроме того, филиалом разработана и согласована в Федеральном агентстве по рыболовству «Программа санитарной расчистки от водной растительности Угличского водохранилища на территории Угличского района Ярославской области, Калязинского и Кимрского районов Тверской области». Работы по Программе рассчитаны на 4 года с 2021 по 2024 гг. Общая площадь выкашивания составит 204 га. Площадь выполнения работ в 2021 г. составит 20 га.

Мониторинг состояния коренного берега Угличского водохранилища проводится на 21 участке, подверженных абразионным процессам, на протяжении 14 км:

В рамках ведения мониторинга состояния берега Угличского водохранилища выполняются следующие работы:

- замеры наблюдаемых показателей на установленных створах, в т.ч., длины разрушаемой береговой линии; величины отступления берега;
- установление динамики и причин изменения берегов, а также последствий и потенциальной опасности изменения;
- определение географических координат;
- заполнение ведомостей визуальных наблюдений участков побережья Угличского водохранилища;
- фотофиксация наблюдательных створов.

Обработанные и обобщенные сведения вносятся в паспорта створов наблюдений за отступлением береговой линии и в формы ежегодного «Информационного бюллетеня о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохраных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений». Производится также пополнение баз данных «Программы информационно-аналитического комплекса анализа режимов работы водохранилищ, подготовки макетов Бассейновых программ, осуществления государственного мониторинга водных объектов и Информационных бюллетеней о состоянии водных объектов» (ПИАК) и «Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов» (АИС ГМВО).

В 2020 г. замеры проводились дважды, после прохождения весеннего половодья в мае и после прохождения летне-осенних паводков в сентябре.

В результате полученных данных в 2020 г. обрушение берега было отмечено на большинстве створов, расположенных в Кимрском районе Тверской области. Здесь показатель обрушения составил на разных участках от 0,1 до 1,2 м. В Калязинском районе Тверской области обрушений коренного берега не наблюдалось. В Кашинском районе Тверской области на участке наблюдения у с. Городищи обнаружено оползание нижней подошвы откоса протяженностью около 150 м. В Угличском районе Ярославской области на участке наблюдения, расположенного у д. Прямиково, обнаружены очаговые оползания в средней части берегового откоса.

Для защиты берегов от размыва филиалом в апреле и октябре 2020 г. выполнялись работы в виде биологического крепления – посадка черенков ивы в откос. Заготовка черенков ив производилась по согласованию с администрациями сельских поселений Угличского района Ярославской области и Кимрского района Тверской области. Общая

площадь участков, на которых проводились работы, составила 5 га, высажено 4850 штук черенков ивы на 9 участках.

В октябре 2020 г. комиссией из сотрудников филиала проведена оценка приживаемости черенков ивы, посаженных в апреле 2020 г. Средняя приживаемость по водохранилищу составила 62,5 %.

Наблюдения за состоянием и режимом использования водоохранной зоны водохранилища и рек боковой приточности в 2020 г. были проведены на участке в 420 км.

В состав работ входило:

- описание протяженности участка и его местоположения;
- фиксирование характеристик состояния берега, оценки наблюдаемых процессов и явлений;
- фиксирование характеристик состояния акватории водохранилища (наличие упавших деревьев, мусора, затонувших плавсредств, добычи нерудных строительных материалов и т.д.);
- оценка наблюдаемых процессов и явлений (зарастание, цветение воды, заиливание, ледообразование и толщина льда и снежного покрова, подтопление);
- описание водоохранной зоны (200 м):
 - ☐ наличие населенных пунктов,
 - ☐ наличие промышленных и сельскохозяйственных объектов,
 - ☐ наличие стихийных и несанкционированных свалок, навозонакопителей, действующих кладбищ,
 - ☐ состояние береговой полосы (земли общего пользования – 20 м), наличие строений, в т.ч. причалов, берегоукрепительных сооружений, водозаборных и очистных сооружений;
- выявление наличия неорганизованных мест отдыха населения, состояние этих зон.

Государственный мониторинг за качеством воды Угличского водохранилища и его притоков в пределах Тверской области проводится Тверским УГМС в створах: г. Кимры и г. Калязин, р. Кашинка – г. Кашин, р. Медведица – д. Семеновское. В пределах Ярославской области Ярославский УГМС проводится мониторинг качества воды Угличского водохранилища в створе Углич.

Ведомственный мониторинг качества воды Угличского водохранилища в пределах Ярославской области в 2020 г. осуществлялся лабораторией филиала «Верхне-Волжскводхоз» ФГБВУ «Центррегионводхоз» 4 раза в год, в основные фазы гидрологического режима (весеннее половодье, летняя межень, осенний паводок, зимняя межень) в двух створах: Прилуки (2859 км от устья) (граница с Тверской областью) и выше г. Углич у д. Новоселки (2837 км от устья).

Было установлено, что вода водохранилища в створе Прилуки в течение всего анализируемого периода характеризуется устойчивой загрязненностью соединениями железа общего, марганца, меди и трудноокисляемыми органическими соединениями по ХПК.

В 2020 г. результаты наблюдений показали снижение содержания соединений марганца и меди, средняя концентрация марганца составила 4,5 ПДК, меди 5,6 ПДК. Концентрация железа общего в данном створе составила 6,6 ПДК. Содержание биогенных загрязняющих веществ за исключением железа общего осталось в пределах ПДК.

Значение показателя ХПК, характеризующее содержание трудноокисляемых органических соединений в воде, составило в 2020 г. 2,4 ПДК (в 2019 г. – 2,1 ПДК).

Качество воды в 2020 г. в створе Прилуки характеризовалось 3а классом «загрязненная» с индексом загрязнения 2,8 и стабильно соответствовало 3 классу качества в течение всего периода наблюдений.

Вода в створе Новоселки в 2020 г., также как и вода в вышерасположенном створе, была устойчиво загрязнена соединениями железа, марганца, меди и алюминия, а также трудноокисляемыми соединениями по ХПК.

Как и в предыдущем периоде наблюдений, превышение ПДК в воде наблюдалось по 5 из 15 учитываемых показателей. В 2020 г. по результатам проведенных измерений содержание основных биогенных веществ изменилось незначительно и осталось в пределах установленных нормативов, за исключением железа, содержание которого увеличилось до 6,9 ПДК.

В 2020 г. результаты наблюдений показали снижение содержания соединений марганца и меди. Средняя концентрация марганца составила 4,9 ПДК, а средняя концентрация железа составила 6,9 ПДК. Содержание меди уменьшилось до 5,7 ПДК (в 2019 году – 6,4 ПДК).

По результатам комплексной оценки качество воды в створе соответствует 3а классу (УКИЗВ – 2,8) и качественной характеристике «загрязненная».

ВЫВОДЫ

Результаты, полученные в ходе проведения мониторинга Угличского водохранилища, используются при планировании водохозяйственных и природоохранных мероприятий и являются инструментом управления его состоянием.

Например, на основании полученных результатов и анализа сведений мониторинга состояния дна за 2020 г. филиалом «УЭУВ» подготовлены обосновывающие материалы, в соответствии с Регламентом формирования бюджетных проектировок Федерального агентства водных ресурсов на 2021 г. и плановый период 2022–2023 гг, по объекту «Расчистка мелководных участков Скулинского и Михеевского заливов Угличского водохранилища Кимрского района Тверской области».

По результатам обследования коренного берега в 2020 г. запланированы мероприятия по берегоукреплению. Так предполагается высадить 4300 черенков ивы на площади 5,0 га на 9 участках в мае и октябре 2021 г. Кроме того, данные мониторинга предоставлены в муниципальные образования г.Углича Ярославской области и п. Белый Городок Кимрского района Тверской области для инициирования работ по берегоукреплению капитального характера.

В результате мониторинга водоохранных зон сформулированы предложения по устранению выявленных нарушений и разработаны мероприятия по улучшению санитарно-технического состояния водоохранной зоны и акватории водохранилища. Так в летне-осенний период 2020 г. проводились рейдовые комиссионные обследования водохранилища с целью оценки соответствия условий размещения и эксплуатации объектов установленному режиму хозяйственной деятельности в водоохранных зонах. При выявлении нарушений водного законодательства информация для сведения и принятия мер направлялась в надзорные органы и органы местного самоуправления. Всего в 2020 г. было выявлено 18 нарушений водного законодательства на Угличском водохранилище, из них 10 – в водоохранной зоне, 8 – в акватории и береговой полосе водохранилища.

Для оценки современного состояния качества воды водохранилища привлечены данные филиала «Верхне-Волжскводхоз» ФГБВУ «Центррегионводхоз». Анализ полученных материалов показал, что ухудшения качества воды в 2020 г. по сравнению с 2019 г. и за последние 5 лет не произошло. Качество воды в двух створах Прилуки и Новоселки соответствует классу 3а – «умеренно-загрязненная». Основными загрязняющими веществами в 2020 г. являлись: железо общее, марганец, медь, ХПК, алюминий, БПК. Высокие концентрации железа общего, марганца и меди обусловлены природными факторами. Высокие концентрации алюминия, которые не наблюдались в предыдущие годы, могут свидетельствовать о развитии процессов закисления, что является настораживающим фактором и требует дальнейшего изучения причин и следствий. Высокие значения БПК₅ и ХПК, превышающие ПДК_{рыб.}, свидетельствуют о наличии высокой органической нагрузки на водоем, что является следствием того, что антропогенный пресс на водоем и его водоохранную зону не уменьшается. В дальнейшем необходима разработка

природоохранных мероприятий по улучшению качества воды водохранилища, что возможно при проведении комплексных научно-исследовательских работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лупанова И.А., Крутенко С.А., Григорьева И.Л., Федорова Л.П.* Комплексный мониторинг Угличского водохранилища // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление», г. Сочи, 23-29 сентября 2019 г. Новочеркасск: Лик, 2019. С. 259–266.
2. *Законов В.В., Гершевский П., Законнова А.В., Кашубский М.* Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги. Сообщение 3. Оценка изменения морфометрических характеристик в результате накопления донных отложений в Угличском водохранилище // Водное хозяйство России. 2016. № 6. С. 61–72.
3. *Бекасова О.Д., Кокин К.А.* О влиянии разложения некоторых пресноводных макрофитов на качество воды // Бюл. Моск. общества испыт. природы. Отд. биол. 1962. № 3. С. 152–153.
4. *Григорьева И.Л., Лупанова И. А., Федорова Л. П.* Современное гидроэкологическое состояние мелководных зон Угличского водохранилища // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции «Водное хозяйство России: достижения, проблемы, перспективы». 6–10 октября 2014 г., г. Екатеринбург. ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург, 2014. С. 77–82.
5. *Корелякова И.Л.* Растительность Кременчугского водохранилища. Киев: Наукова думка, 1977. 198 с.
6. *Кутова Т.Н., Пидгайко М.Л., Саватеева Е.Б.* Некоторые закономерности гидробиологического режима малых озер в связи с зарастанием // Изв. ГосНИОРХ. Вып. 84. Л., 1973. Т. 84. С. 119–128.
7. *Сухойван П.Г.* Значение мелководной зоны равнинных водохранилищ СССР для естественного воспроизводства их рыбных запасов // Вопросы комплексного использования водохранилищ. Киев: Наукова думка, 1971. С. 62–63.

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Манжина С. А.

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»,
г. Новочеркасск, Россия
e-mail: nosms.rosniipm@yandex.ru

Ключевые слова: водные объекты, экологическое состояние, орошение, сельскохозяйственное производство, сбросные каналы, мониторинг вод.

В последние десятилетия отмечается усиление сульфатной агрессивности рек, что требует принятия мер по восстановлению экологического благополучия. Подобная ситуация наблюдается и в Ростовской области, где в процессе продвижения по водосборному бассейну, в водах р. Дон обнаруживается превышение сульфатов. В соответствии с этим целью исследования стал анализ основных проблем формирования систем наблюдения за состоянием водных объектов в зонах влияния сельскохозяйственного производства (на примере Ростовской области). Автор на примере малых рек Семикаракорского района Ростовской области показано значительное увеличение сульфатов от неидентифицированного источника поступления. Проведенные исследования доказывают необходимость организации контроля малых рек и водохранилищ, находящихся в хозяйственном использовании.

FORMATION OF A SYSTEM OF OBSERVING WATER BODIES IN AGRICULTURAL INFLUENCE ZONES (ON THE EXAMPLE OF THE ROSTOV REGION)

Manzhina S. A.

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems,
Novocherkassk, Russian Federation
e-mail: nosms.rosniipm@yandex.ru

Keywords: water bodies, ecological state, irrigation, agricultural production, discharge canals, water monitoring

In recent decades, there has been an increase in the sulfate aggressiveness of rivers, which requires the adoption of measures to restore ecological well-being. A similar situation is observed in the Rostov region, where, in the process of moving along the drainage basin, in the waters of the river. Don found excess sulfates. In accordance with this, the aim of the study was to analyze the main problems of the formation of systems for monitoring the state of water bodies in the zones of influence of agricultural production (on the example of the Rostov region). The author, using the example of small rivers of the Semikarakorsk district of the Rostov region, shows a significant increase in sulfates from an unidentified source of input. The studies carried out prove the need to organize the control of small rivers and reservoirs that are in economic use.

Экологическое состояние водных объектов в целом по стране характеризуется присутствием в большинстве из них высокого уровня загрязнений [1–3]. Использование таких вод для производственных и бытовых целей сопряжено с увеличением затрат на доочистку, а использование их в качестве рекреационных, ирригационных, рыбохозяйственных ресурсов несет куда большую опасность как в экономическом, так и в биологическом плане.

Результативность поиска путей улучшения экологического состояния водных объектов напрямую зависит от уровня развития структуры и методологии, программного и аппаратного обеспечения системы мониторинга.

В соответствии с этим целью исследования стал анализ основных проблем формирования систем наблюдения за состоянием водных объектов в зонах влияния сельскохозяйственного производства (на примере Ростовской области).

Ростовская область расположена в нижней части бассейна р. Дон, в южной части Восточно-Европейской равнины, захватывает зону засушливых степей и полупустынь. Земли субъекта активно используются в сельскохозяйственном производстве. Значительная часть агрокультур выращивается на орошении (кукуруза, картофель, овощи, ягоды, рис и т.д.). Реки области характеризуются по гидрологическому режиму весенним половодьем и уменьшением расхода в летнее время, некоторые пересыхают в межень. По данным ФГБУ «Гидрохимический институт», реки Ростовской области имеют 3 (р. Дон) и 4 (остальные водные объекты из числа учтенных) класс загрязненности в соответствии с удельной величиной комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) [1, 2].

По данным из отчетов Гидрохимического института, на пути от пунктов наблюдения с. Жуковское и г. Волгодонска к пункту наблюдения г. Ростов-на-Дону качество воды значительно изменяется в сторону увеличения содержания таких веществ, как сульфаты (2ПДК), нитратный азот (до 2ПДК) и нефтепродукты (2-3ПДК) [1, 2]. На данной территории водосборный бассейн р. Дон в наибольшей степени освоен под сельскохозяйственное производство. Рассмотрим для примера Семикаракорский район Ростовской области, который располагается между пунктами наблюдения г. Волгодонска и г. Ростов-на-Дону. В соответствии с паспортом муниципального образования «Семикаракорский район» [4] из 139,565 тыс. га земель на долю сельхозугодий приходится 106,15 тыс. га, из которых 69,04 тыс. га – пашня. В районе с 1953 г. действует система орошения: Нижне-Донская оросительная система с водозабором из Донского магистрального канала (ДМК), куда вода поступает из Цимлянского водохранилища [5]. В соответствии с проектом оросительные системы могут обслуживать более 43 тыс. га сельскохозяйственных угодий (реально, по данным ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», в последние годы орошается менее трети от проектной величины). Поливные земли оснащены коллекторно-дренажной системой. Отвод воды осуществляется через открытые отводящие каналы в малые водные объекты, которые являются притоками n-ного порядка р. Дон и в р. Дон (рис. 1).

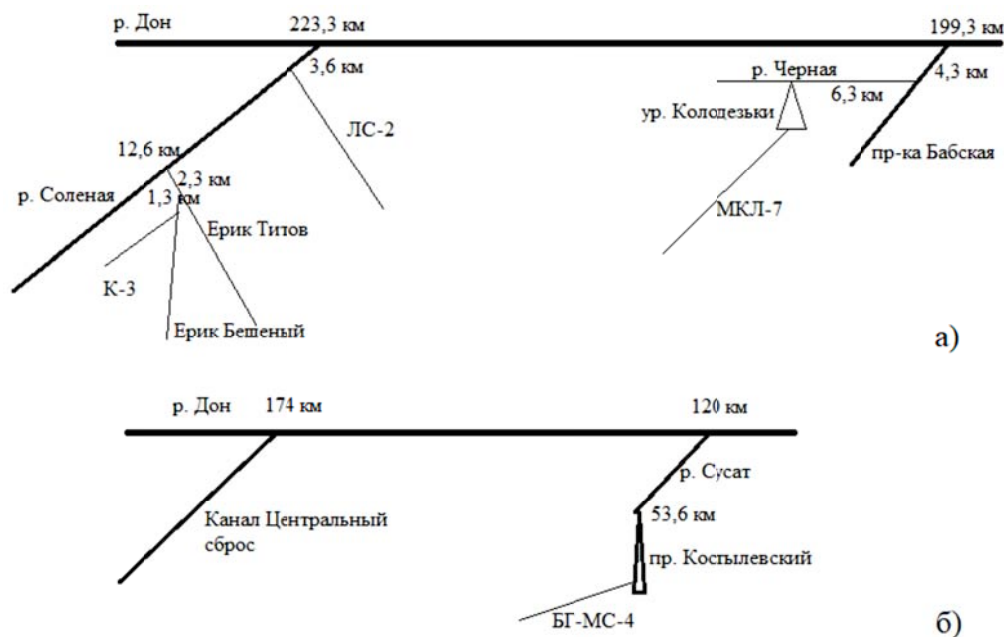


Рис. 1. Схема поступления коллекторно-дренажных вод Семикаракорского филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» в водные объекты: а) на водохозяйственном участке 05.01.03.010 (сбросные каналы К-3, ЛС-2 и МКЛ-7), б) на водохозяйственном участке 05.01.03.009 (сбросные каналы Центральный сброс и БГ-МС-4).

Изменение концентрации сульфат-ионов по годам в малых водных объектах Семикаракорского района, используемых для сброса сточных вод из отводных каналов, приведена на рис. 2.

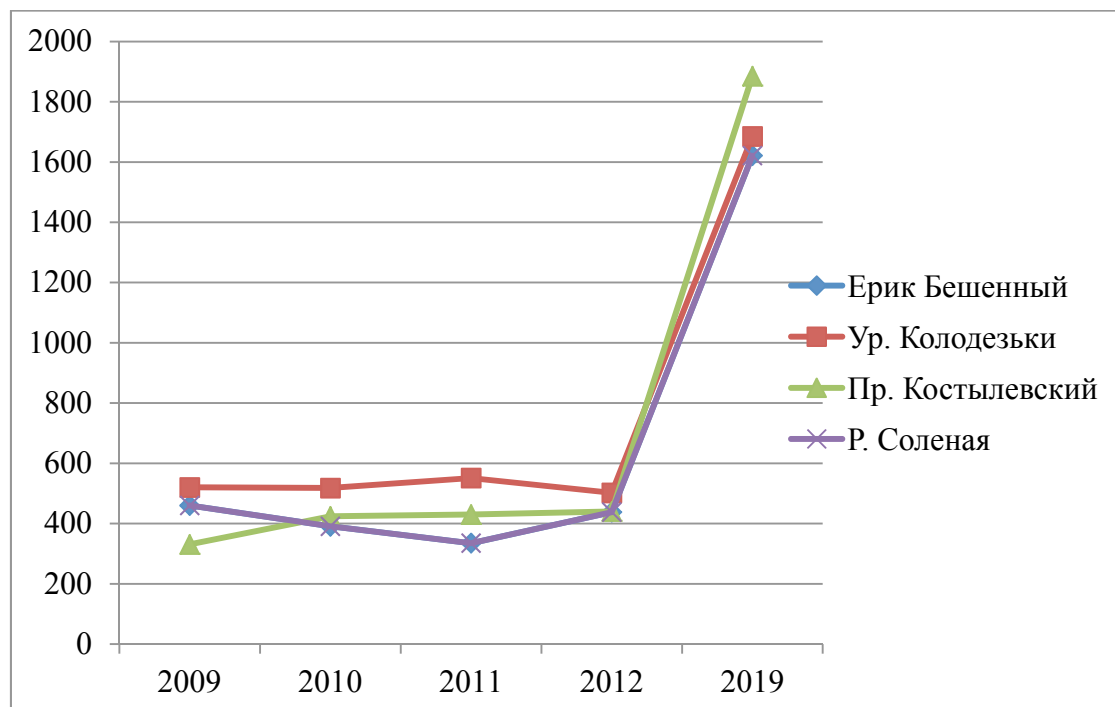


Рис. 2. Изменение концентрации сульфат-иона (в мг/дм³) по годам в малых водных объектах Семикаракорского района, расположенных в зоне действия сельскохозяйственных полей и мелиоративных систем.

Основываясь на приведенных данных, предполагаем, что зарегистрированное изменение ионного состава не связано с растениеводством на орошаемых землях. Следовательно, в бассейнах рассматриваемых малых водных объектов появился источник загрязнения природного или антропогенного характера, который требует выявления и идентификации. Следует отметить, что сброс этих веществ осуществляется через отводящие каналы оросительных систем, куда вода поступает как через систему дрен, так и из грунтов, и, в соответствии с нормами права, ответственность за превышение указанных поллютантов ложится на Мелиоводхоз, что само по себе не способствует решению обозначенных проблем и выявлению истинного источника загрязнения.

Для предварительного определения условий переноса загрязняющих ионов был сделан запрос в Водный реестр о морфометрических характеристиках указанных водных объектов (по формам 1.9-гвр и 1.13-гвр), на что получен ответ об их отсутствии в государственном водном реестре (исх. № 01-15/2069 от 18.10.2019). В связи с этим, оценить дальнейшее изменение концентраций ионов и возможности их выноса в р. Дон не представилось возможным.

В последние десятилетия отмечается усиление сульфатной агрессивности рек, что требует принятия мер по восстановлению экологического благополучия. Приведенный пример с водными объектами Семикаракорского района Ростовской области показывает, что имеется острая необходимость в организации контроля малых рек и водохранилищ, находящихся в хозяйственном использовании. Организация такого контроля будет способствовать выявлению источников поступления загрязняющих веществ, разработке и принятию мер по предотвращению деградации водных объектов или направленных на их восстановление.

Рекомендуется рассмотреть для внедрения в практику мониторинга водных объектов РФ положительные аспекты опыта США. Так, в качестве экологического норматива для

водных объектов там принята общая максимальная суточная нагрузка (Total Maximum Daily Load – TMDL), которая представляет собой расчетное максимально возможное количество любого воздействия как химического, биологического, так и физического, которое допустимо за указанный период с учетом сохранения экологических параметров, определенных стандартами качества воды [7, 8]. TMDL в обязательном порядке проходит процедуру утверждения Агентством США по охране окружающей среды (EPA). В соответствии с правилами EPA в процессе разработки TMDL обеспечивается участие общественности, которая может предоставить дополнительные данные о загрязнении водного объекта и его источниках, информация о которых может быть не известна государственным органам.

Основные составляющие, учтенные при расчете TMDL, должны включать [8]:

$$TMDL = \Sigma WLA + \Sigma LA + MOS,$$

где ΣWLA – суммарная нагрузка от точечных источников загрязнения рассматриваемого водного объекта, получивших разрешение на сброс; ΣLA – суммарная нагрузка на водный объект от неорганизованных источников загрязнения и поступлений в результате естественного природного фона, в том числе с поверхностным стоком в результате таяния снега или ливневых дождей; MOS – запас прочности, представляющий собою учет неопределенностей в прогнозировании того, насколько снижение загрязняющих веществ в процессе реализации экологических программ приведет к соблюдению стандартов качества воды, осуществляется посредством введения поправочного коэффициента [8].

Использование величины TMDL позволяет определить целевые показатели для снижения загрязнения конкретного водного объекта. При этом принимаются программы как по сокращению сбросов от организованных источников, так и от неорганизованных. Некоторые программы основаны на стимулах, например, распределение затрат, связанных с реализацией мероприятий по уменьшению поступающих загрязнений или выделение грантов на финансирование конкретных экологических проектов. Помимо этого в штатах приветствуется волонтерский мониторинг – «добровольный мониторинг», что позволяет увеличить доступность и объемы необходимой экологически значимой информации.

ВЫВОДЫ

В Российской Федерации необходимо расширять количество водных объектов, контролируемых системой мониторинга. Особо уязвимыми в этом плане являются малые водные объекты, попадающие в сферу хозяйственного использования.

Для более четкого понимания проблем, связанных с поступлением и переносом загрязняющих веществ, необходимо развивать системы программного моделирования на основе существующих или формируемых баз данных по наблюдениям за гидрометрическими и гидрохимическими показателями водных объектов.

Обеспечение доступности информации о состоянии вод для широкого круга общественности, ориентирование интересов и усилий общественности на решение экологических проблем может сыграть положительную роль в обеспечении экологического благополучия водосборов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГИС: качество поверхностных вод Российской Федерации / Гидрохимический институт. URL: <http://gidrohim.com/node/61>, (дата обращения: 24.02.2021).
2. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник, 2019 / гл. ред. М. М. Трофимчук. Росгидромет. ФГБУ «Гидрохимический институт». Ростов-на-Дону, 2020. 578 с.
3. Аладинская А.Р. Охрана окружающей среды от негативного воздействия хозяйственной деятельности: науч. моногр. / А.Р. Аладинская, Т.Ю. Анопоченко,

И. А. Афонина. Новосибирск: СибА К, 2015. 260 с.

4. Паспорт муниципального образования «Семикаракорский район», 2020 / Администрация Семикаракорского района. URL: <http://semikarakorsk-admrn.donland.ru/Default.aspx?pageid=138865>, (дата обращения: 24.02.2021).

5. *Щедрин В.Н.* Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, С.М. Васильев, А.А. Чураев: в 2 ч. Ч. 1. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.

6. *Дрововозова Т.И.* Экологическая оценка состояния малых водных объектов в зоне влияния гидромелиоративных систем / Т. И. Дрововозова, С. А. Манжина // Экология и водное хозяйство. 2019. № 3 (3). С. 14-26. DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-14-26.

7. Overview of Total Maximum Daily Loads (TMDLs), available: <https://www.epa.gov/tmdl/overview-total-maximum-daily-loads-tmdls> [accessed 2021].

8. Guidelines for Reviewing TMDLs under Existing Regulations Issued in 1992, available: <https://www.epa.gov/tmdl/guidelines-reviewing-tmdls-under-existing-regulationsissued-1992> [accessed 2021].

**ДИФФУЗНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ: ВЫПАДЕНИЯ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С
АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ**

Минакова Е.А.

ФГАОУВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

Шлычков А.П.

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
г. Казань, Россия

Кондратьев С.А.

Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: ekologyhel@mail.ru

Ключевые слова: влажные выпадения, соединения азота и фосфора, биогенные элементы, бассейн Средней и Нижней Волги.

Приведены результаты анализа годовой изменчивости влажных выпадений из атмосферы соединений азота и фосфора в бассейне Средней и Нижней Волги за период 2011–2015 гг. Выявлены основные особенности пространственного распределения биогенной нагрузки влажных атмосферных выпадений соединений азота и фосфора. Показано, что среднее значение модуля атмосферных выпадений соединений азота и фосфора составляет 0,7 т N км-2 год -1 и 0,027 т P км-2 год -1, соответственно.

**DIFFUSE POLLUTION: DEPOSITS OF BIOGENOUS SUBSTANCES WITH
ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN THE BASIN OF THE MIDDLE AND LOWER
VOLGA**

Minakova E.A

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Slychkov A.P.

Institute of Ecology and Mineral Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Kondratyev S.A.

Institute of Lake Science RAS, Saint Petersburg, Russia

e-mail: ekologyhel@mail.ru

Keywords: wet deposition, nitrogen and phosphorus compounds, biogenic elements, Middle and Lower Volga basin.

The results of the analysis of the annual variability of total depositions of nitrogen and phosphorus compounds in the Middle and Lower Volga basin over the period 2011-2015 are presented. Calculated Atmospheric deposition of nitrogen and phosphorus compounds have been calculated. The main features of the spatial distribution of the nutrient load of wet atmospheric deposition of nitrogen and phosphorus compounds in the Middle and Lower Volga basin are identified. It was established that the module of deposition of nitrogen and phosphorus compounds amounted to 0.7 t N km – 2 year⁻¹ and 0.027 t P km – 2 year⁻¹.

В настоящее время избыточное поступление биогенных веществ, запускающее процесс эвтрофикации водоемов и водотоков, является серьезной проблемой для большинства стран. Согласно [1] эвтрофирование – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов. Сегодня эвтрофирование водоемов является одной из наиболее актуальных проблем поверхностных вод. Основной движущей силой процессов эвтрофикации водоемов являются биогенные элементы (соединения азота, фосфора, углерода). Эти элементы являются

важнейшими компонентами природных вод, которые определяют биологическую продуктивность. Избыточное количество биогенных элементов запускает процессы интенсивного роста водной растительности, что в конечном итоге негативно сказывается на качестве воды. Основными антропогенными источниками, загрязняющими водоемы биогенными элементами, являются организованные источники (сбросы промышленных и коммунальных предприятий), а также неорганизованные (диффузные) источники (животноводческие фермы, сельскохозяйственные угодья, поверхностный сток с урбанизированных территорий, атмосферные выпадения) [2]. Лишь часть биогенных элементов в составе минеральных удобрений остается в наземном круговороте, другая часть, попадая с поверхностным стоком в поверхностные воды, ускоряет продукцию автохтонного органического вещества в водоемах и развитие глобального процесса антропогенного эвтрофирования водоемов, что влечет за собой существенные нарушения в функционировании гидроэкосистем.

Волга – крупнейшая река Европы, занимает пятое место по водности среди рек Российской Федерации. Бассейн р. Волги занимает около 1/3 Европейской территории России и простирается от Валдайской возвышенности на западе и до Урала на востоке. Качество поверхностных вод в бассейне Средней и Нижней Волги формируется под влиянием транзитного переноса загрязняющих веществ с вышележащих субъектов Российской Федерации, а также за счет сбросов недостаточно очищенных сточных вод промышленных и коммунальных предприятий и поверхностного стока с урбанизированной территории, примыкающей к акватории водохранилища [3]. В то же время в водохранилищах наблюдаются существенные колебания уровня воды, обусловленные процессами выравнивания зеркала водохранилищ в период половодья, изменениями режима работы и ветровыми нагонами, при этом часть загрязняющих веществ может поступать из русловой части водохранилища на мелководья. Кроме того, существенный вклад в загрязнение водных объектов вносит геологическая среда и аэротехногенное загрязнение [4, 5]. И это далеко не полный перечень наиболее значимых факторов, которые обуславливают загрязнение водных ресурсов Куйбышевского водохранилища и его притоков.

Важность учета атмосферного переноса в моделях транспорта многих загрязняющих веществ уже давно не подвергается сомнению. Атмосферные осадки могут не только создавать предпосылки для диффузного загрязнения водоемов – в некоторых случаях они сами являются поставщиками загрязняющих веществ на водосборы [6]. Атмосферные осадки обеспечивают так называемые влажные выпадения, т. е. «вымывание» из воздуха взвешенных поллютантов и их осаждение на территории. Причем для большинства загрязняющих веществ на влажные выпадения приходится большая часть суммарного их поступления из атмосферы на поверхность земли. К примеру, при изучении 55 озер севера и центральной части Флориды установлено, что влажное выпадение осадков на акватории составляют 12–59 % всего поступления фосфора, а в Балтийском море – 30 %, который поступает с речным стоком [7]. Сухие и влажные выпадения соединений азота и фосфора из атмосферного воздуха являются одним из факторов, контролирующих эвтрофикацию водоемов и водотоков, что обуславливает необходимость изучения динамики этих процессов. По сути, сухие и влажные выпадения загрязняющих веществ с атмосферными осадками являются одним из механизмов самоочищения атмосферного воздуха. Сухие выпадения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха обусловлены влиянием гравитации, а влажные – сорбцией атмосферными осадками загрязняющих веществ с последующим поступлением их на подстилающий покров [4].

Загрязнение атмосферного воздуха обусловлено как природными, так и антропогенными факторами. К природным источникам загрязнения атмосферного воздуха относятся выбросы в атмосферный воздух, обусловленные вулканической активностью, выветриванием горных пород, торфяными и лесными пожарами, а также пыльными бурями и др. Так, только за счет вулканической активности в атмосферный воздух ежегодно поступает примерно 40 млн т вредных опасных для окружающей среды загрязняющих

веществ. К антропогенным источникам загрязнения атмосферного воздуха относятся выбросы в атмосферный воздух объектов экономики, мобильных источников, а также полигонов твердых бытовых и промышленных отходов и свалок и др. Основными источниками поступления фосфора в атмосферный воздух являются эрозия почвенного покрова, торфяные и лесные пожары. Другие источники дают не более 1 % общего поступления фосфора [8]. Существенную роль могут играть продукты метаболизма наземной растительности (споры, пыльца, мелкие растительные остатки), что качественно подтверждается данными [9], но пока не может быть количественно оценено. Кроме того, так как состав атмосферных осадков определяется преимущественно процессами взаимодействия атмосферной влаги и аэрозолей, концентрация фосфора зависит, главным образом, от запыленности воздуха [10].

В продолжение ранее начатых исследований [11–16] цель данной работы – оценка величины атмосферных выпадений биогенных элементов и их пространственного распределения в бассейне Средней и Нижней Волги (без Волгоградской и Астраханской областей) в современный период.

В качестве исходных данных для оценки атмосферных выпадений соединений азота и фосфора на поверхность водосбора за период 2011–2015 гг. использованы материалы Федеральных государственных учреждений Росгидромета (ФГБУ Росгидромета), расположенных в бассейне Средней и Нижней Волги.

Поступление массы соединений азота на подстилающую поверхность зависит как от концентрации, так и от количества атмосферных осадков. Влажные выпадения соединений азота рассчитывались согласно [17]. Ввиду того, что Программой мониторинга Росгидромета не предусмотрено проведение регулярных наблюдений за содержанием фосфат-ионов в атмосферных осадках [18], оценка поступления удельной массы соединений фосфора поступающих с влажными выпадениями в бассейне Средней и Нижней Волги выполнена с использованием зависимости между соединениями азота и фосфора, приведенной в [19].

Рассчитаны средние значения влажных выпадений соединений азота и фосфора за 2011–2015 гг. в бассейне Средней и Нижней Волги, построены карты пространственного распределения средних значений влажных выпадений соединений азота и фосфора за период 2011–2015 гг. в бассейне Средней и Нижней Волги [4].

Рассчитанные величины модуля атмосферных выпадений биогенных элементов на территории ряда регионов Российской Федерации в бассейне Нижней и Средней Волги по результатам собственных расчетов и материалов, приведенных в [20] даны в табл. 1.

Табл. 1. Величина модуля атмосферных выпадений биогенных элементов на территории некоторых регионов Российской Федерации

Субъект Российской Федерации	Модули атмосферных выпадений биогенных элементов, т км ⁻² год ⁻¹	
	Соединения фосфора	Соединения азота
Ленинградская область [17]	0,014	0,66
Московская область [17]	0,038	0,95
Нижегородская область	0,015	0,47
Кировская область	0,038	0,91
Республика Марий Эл	0,044	0,99
Республика Татарстан	0,025	0,67
Республика Мордовия	0,034	0,83
Пензенская область	0,036	0,87
Республика Башкортостан	0,032	0,80
Саратовская область	0,017	0,53
Самарская область	0,018	0,54
Оренбургская область	0,012	0,37

Анализ табл. 1 показывает, что наблюдается хорошая сходимость величин модуля атмосферных выпадений соединений азота и фосфора на исследуемой территории с полученными ранее результатами других авторов.

Максимальная величина модулей атмосферных выпадений биогенных элементов отмечена в Республике Мари Эл (соединения азота $0,99 \text{ т N км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ и соединения фосфора $0,044 \text{ т P км}^{-2} \text{ год}^{-1}$). Минимальное значение зарегистрировано в Оренбургской области (соединения азота $0,37 \text{ т N км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ и соединения фосфора $0,012 \text{ т P км}^{-2} \text{ год}^{-1}$).

Среднее значение модуля влажных выпадений соединений азота и фосфора в бассейне Средней и Нижней Волги за период наблюдений составляло $0,7 \text{ т N км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ и $0,027 \text{ т P км}^{-2} \text{ год}^{-1}$, соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены основные особенности пространственного распределения биогенной нагрузки влажных атмосферных выпадений соединений азота и фосфора в бассейне Средней и Нижней Волги. Установлено, что на исследуемой территории можно выделить три области повышенных значений, зарегистрированные метеостанциями «Тетюши» ФГБУ «УГМС Республики Татарстан», «Морки» ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС» и «Уфа» ФГБУ «Башкирское УГМС», обусловленные переносом веществ от крупных промышленных центров.

2. Экстремумы по соединениям азота и фосфора составили: минимальные значения $0,4 \text{ т N км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ и $0,01 \text{ т P км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ (метеостанция Оренбург ФГБУ «Приволжское УГМС») и максимальные значения $1,1 \text{ т N км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ и $0,05 \text{ т P км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ (метеостанция «Тетюши» ФГБУ «УГМС Республики Татарстан»).

3. В бассейне Средней и Нижней Волги за период наблюдений 2011–2015 гг. модули выпадений соединений азота и фосфора составили $0,7 \text{ т N км}^{-2} \text{ год}^{-1}$ и $0,027 \text{ т P км}^{-2} \text{ год}^{-1}$.

4. Учитывая выявленную тенденцию роста значений выпадений соединений фосфора, а также его определяющую роль в эвтрофикации водоемов и водотоков, целесообразно организовать проведение систематических наблюдений за содержанием соединений фосфора в атмосферных осадках в системе Росгидромета на территории Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2000. 31 с.

2. Минакова Е.А. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок на водные экосистемы / Е.А. Минакова, В.З. Латыпова, Н.Ю. Степанова // Безопасность жизнедеятельности. № 4 (16). Казань, 2004 г. С. 3–10.

3. Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов / Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. / Ответственные редакторы: академик РАН Д.С. Павлов, член-корреспондент РАН Г.С. Розенберг, д.б.н. М.И. Шатуновский. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 196 с.

4. Минакова Е.А. Выпадения биогенных веществ с атмосферными осадками в бассейне Средней и Нижней Волги / Е.А. Минакова, А.П. Шлычков. Проблемы региональной экологии. 2018. № 6. С. 92–97.

5. Минакова Е.А. Оценка величины выпадений биогенных веществ из атмосферы на частный водосбор Куйбышевского водохранилища в пределах Республики Татарстан / Минакова Е. А., Шлычков А. П., Поздняков Ш. Р., Кондратьев С. А. // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 34–38.

6. Computer analysis of the balance of point and diffuse source loading of heavy metals in the Rhine River basin: Phase I: Interim Report / Jolankai G. VITUKI Research Report (within contract with IIASA Laxenburg Austria). 1990.
7. Розенберг Г.С. Экологический мониторинг. Часть VIII. Современные проблемы мониторинга пресноводных экосистем: Учебное пособие / Г.С. Розенберг, Д.Б. Гелашвили, Г.В. Шляхтин и др.; под ред. проф. Д.Б. Гелашвили, проф. Г.В. Шургановой. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2014. 374 с.
8. Savenko V.S. Atmospheric aerosols as a source of phosphorus in aquatic ecosystems *Vodnye resursy*. 1995. P. 187–196.
9. Cole J.J. A significance source of phosphorus to an oligotrophic lake / J.J. Cole, N.F. Caraco, G.E. Likens // *Limnol. and Oceanogr.* 1990. P. 1230–1237.
10. Graham W.F., Duce R.A. The atmospheric transport of phosphorus to the western North Atlantic // *Atmosph. Environ.* 1982. P. 1089–1097.
11. Минакова Е.А. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок на водные экосистемы / Е.А. Минакова, В.З. Латыпова, Н.Ю. Степанова // *Безопасность жизнедеятельности*, № 4 (16), Казань, 2004 г. С. 3–10.
12. Минакова Е.А. Формирование качества поверхностных вод малых рек в различных физико-географических районах Республики Татарстан / А.П. Шлычков, В.З. Латыпова, Е.А. Минакова, Р.Н. Давыдов, А.Р. Ильясова // *Проблемы региональной экологии*. № 5. 2012. С. 7–13.
13. Минакова Е.А. Учет метеорологических факторов в управлении качеством поверхностных вод (на примере рек Казанка, Свияга, Степной Зай): дисс.... канд. геогр. наук. СПб, 2004 (а). 147 с.
14. Минакова Е.А. Развитие биогеохимических подходов к экологическому нормированию химической нагрузки на природные среды / В.З. Латыпова, С.Ю. Селивановская, Н.Ю. Степанова, Е.А. Минакова // *Учен. записки Казанского государственного университета*, том 147. Кн. 1. 2005. С. 159–170.
15. Минакова Е.А. Подходы к устойчивому управлению качеством поверхностных вод / А.П. Шлычков, В.З. Латыпова, Е.А. Минакова // *Проблемы региональной экологии*. 2009. № 4. С. 102–107.
16. Минакова Е.А. Поверхностный сток биогенных элементов с аграрно освоенных водосборов: роль метеорологических факторов / А.П. Шлычков, В.З. Латыпова, Е.А. Минакова, А.Р. Ильясова // *Проблемы региональной экологии*. № 4. 2012. С. 55–61.
17. Свистов П.Ф. Фоновый уровень ионного состава атмосферных осадков / П.Ф. Свистов, Н.А. Першина, А.И. Полищук // *Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2006 гг.* М.: Росгидромет, 2007. С. 41–43.
18. Свистов П.Ф. Ежегодные данные по химическому составу и кислотности атмосферных осадков за 2011-2015 гг. (Обзор данных) // П.Ф. Свистов, Н.А. Першина, А.И. Полищук. СПбГТЭУ, 2016. 115 с.
19. Савенко В.С. Геохимия фосфора в глобальном гидрологическом цикле // В.С. Савенко, А.В. Савенко. М.: ГЕОС, 2007. 248 с.
20. Хрисанов Н.И. Управление эвтрофированием водоемов // Н.И. Хрисанов, Г.К. Осипов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 278 с.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Мурадов Ш.О., Турдиева Ф.А., Тураев У.М.

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Республика Узбекистан

e-mail: m.oikos@mail.ru

Ключевые слова: схема комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИОВО), аридная экосистема, метод математической статистики, река Кашкадарья.

Одним из ключевых путей решения проблемы рационального использования воды в аридной экосистеме является комплексное использование и охрана водных ресурсов. Известно, что разработан ряд СКИОВР. Однако с учетом специфических природно-экономических условий регионов, востребована разработка более усовершенствованных технических узлов данных схем. Важным является обоснованный гидрологический расчет методом математической статистики, выбор оптимальных норм водопотребления и водоотведения всех участников водохозяйственного комплекса с учетом современных нормативов. Главным этапом является разработка комплекса модернизированных способов по внедрению полной водооборотной технологии. На примере бассейна р. Кашкадарья для аридных экосистем предлагается усовершенствованная схема КИОВР.

SOME METHODS FOR COMPOSING THE SCHEMES FOR WATER RESOURCES INTEGRATED USE AND PROTECTION IN ARID ZONES

Muradov S., Turdieva F., Turayev U.

Karshi Engineering/economic Institute, Karshi, Uzbekistan

e-mail: m.oikos@mail.ru

Keywords: scheme for water resources integrated use and protection (SWRIUP), arid ecosystem, mathematical statistics method, the Kashkadarya River.

One of the key ways of solution of the problem of water rational use in arid ecosystem is integrated use and protection of water resources. It is well known that a number of SWRIUPs has been developed. However, specific natural/economic situation in the regions requires development of more advanced engineering elements of these schemes. Well-grounded hydrological calculation with the method of mathematical statistics, choice of the water consumption/water disposal optimal norms for all water complex stakeholders are very important. The main stage is development of the updated methods of adoption of the complete water rotation technique. We propose the improved SWRIUP for arid ecosystem with an example of the Kashkadarya River basin as a study case.

Как известно, КИОВР – это система управления, основанная на учете всех видов водных ресурсов (поверхностных, подземных и возвратных вод) в пределах гидрографических границ, которая увязывает интересы различных отраслей и уровни иерархии водопользования, вовлекает все заинтересованные стороны в принятие решений, способствует эффективному использованию водных, земельных и других природных ресурсов в интересах устойчивого обеспечения требований природы и общества в воде.

Управление водными ресурсами – это искусство подать требуемый объем воды с приемлемым качеством в требуемое место и в требуемое время при организованном использовании технологических и прочих ресурсов для оказания и оплаты водохозяйственных услуг. Отсюда КИОВР можно определить как систему управления водными ресурсами, основанную на учете всех возможных источников воды, увязке межотраслевых интересов и всех уровней иерархии водопользования, гидрографическом

методе, широком вовлечении всех водопользователей и рациональном использовании водных ресурсов, обеспечивающую экологическую безопасность и стабильность водоснабжения общества и природы.

В современных условиях определяющим фактором развития общества в отдельных регионах и отраслях экономики являются пресные водные ресурсы. До настоящего времени в основном разработаны Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов в целом для отдельных речных бассейнов. Однако они не позволяют разрабатывать стратегию водохозяйственной деятельности на местном уровне в соответствии с требованиями декларации тысячелетия ООН (200, гл. 4, 23 п., 4 п). Отмеченное требует разработку методики составления схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов для административных или эколого-водохозяйственных районов, а также для крупных промышленных предприятий.

Наш опыт по разработке Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки подтвердил данное решение: необходимо проводить исследования в разрезе отдельных административных, эколого-водохозяйственных районов или хозяйств. При этом возникла необходимость уточнения норм водопотребления и водоотведения в различных отраслях с учетом климатических условий.

Большой вклад в развитие интегрированного управления водными ресурсами внесли Крицкий С.Н., Минкель М.Ф. [6,7], Александровский Ю.В. [2], Захидов А.З. [4], Зарубаев Н.В. [4], Авакян А.Б., Широков В.М. [1], Бородавченко И.И., Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Михура В.И. [3], Юшманов О.Л., Шабанов В.В., Галямина И.Г. [17, 18], Шабанов В.В., Мурадов Ш.О. и др. [9], Мурадов Ш.О., Валиев Х.И. и др. [10], Мирзаев С.Ш., Валиев Х.И. [8], Хамраев Н.Р., Ахунди М.Н., Эргашев А.К. [14], Калинин Г.П., Шарапов В.А., Асорин А.Е., Вендров С.Л., Матарзин Ю.М. [11] и многие другие ученые.



Рис. 1. Усовершенствованная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов в сельскохозяйственном секторе экономики.

Учитывая опыт прошлых лет и наши многолетние исследования (с 1986 г.), предлагается усовершенствованная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов для сельскохозяйственного сектора экономики и крупных промышленных предприятий (рис. 1, 2). В дальнейших исследованиях запланирована количественная и

качественная оценка водных ресурсов и составление прогнозов их комплексного использования с учетом сценария устойчивого развития аридных экосистем.



Рис. 2. Усовершенствованная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов в крупных промышленных предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авакян А.Б., Широков В.М.* Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Минск: Изд-во «Университетское», 1990. 240 с.
2. *Александровский Ю.В.* О состоянии генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов на отдаленную перспективу // Гидротехническое строительство. 1971. № 8.
3. *Бородавченко И.И., Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Михура В.И.* Комплексное использование и охрана водных ресурсов. М.: Колос, 1983. 175 с.
4. *Зарубаев Н.В.* Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1976. 224 с.
5. *Захидов А.З.* Водохозяйственные системы Средней Азии. Т.: Фан, 1971.
6. *Крицкий С.Н., Менкель М.Ф.* Водохозяйственные расчеты. Ленинград.: Гидрометеиздат, 1952. 392 с.
7. *Крицкий С.Н., Менкель М.Ф.* О генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР // Труды Гидропроекта. Вып. 205. М.: Энергия, 1964.
8. *Мирзаев С.Ш., Валиев Х.И.* Методические рекомендации по разработке схемы комплексного использования и охраны пресных подземных вод Республики Узбекистан. Ташкент: ТИИИМСХ, 1993. 72 с.
9. *Мурадов Ш.О., Шабанов В.В.* Особенности изучения курса «Комплексное использование водных ресурсов, их охрана и основы экологии» в вузе // Мелиорация и водное хозяйство. 1993. №1. 41 с.
10. *Мурадов Ш.О., Валиев Х.И. и др.* «Комплексное использование и охрана водных ресурсов». Тошкент: Алокачи, 2007. 160 с.

11. *Авакян А.Б., Калинин Г.П., Шарапов В.А., Асорин А.Е., Вендров С.Л., Матарзин Ю.М.* Проблемы комплексного использования водных ресурсов бассейна Волги // Водные ресурсы. 1975. № 4.
12. Схема комплексного использования и охрана водных ресурсов бассейна р. Сырдарьи. Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1979. 34 с.
13. Схема комплексного использования и охрана водных ресурсов бассейна р. Амударьи. Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1983. 44 с.
14. *Хамраев Н.Р., Ахунди М.Н., Эргашев А.К.* Проблемы и перспективы устойчивого развития водохозяйственного сектора государства бассейна Аральского моря. Ташкент: 1998. 88 с.
15. *Шабанов В.В., Мурадов Ш.О.* О методике и содержание преподавания дисциплины «Комплексное использование, охрана водных ресурсов и основы экологии» // Экономика и организация агропромышленного производства. М.: 1992. № 6. С. 2.
16. *Шабанов В.В., Мурадов Ш.О.* Проблемы комплексного использования и охраны водных ресурсов. // Проблемы науки и образования в области сельского и водного хозяйства: Сб. тр. респ. науч.-прак. конф. 19-21 мая 1999 года. Ташкент, 1999. С. 51-52.
17. *Юшманов О.Л., Шабанов В.В., Галямина И.Г.* и др. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. М.: Агропромиздат, 1985. 303 с.
18. *Юшманов О.Л., Шабанов В.В., Галямина И.Г.* и др. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. М.: Агропромиздат, 1995. 295 с.

К ВОПРОСУ О НОРМИРОВАНИИ ДОПУСТИМОГО ПРИВНЕСЕНИЯ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Попов А.Н.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: pan1944@rambler.ru

Ключевые слова: водный объект, взвешенные вещества, гидробионты, ингредиенты, концентрация, воздействие, семейство рыб, биоценоз, состояние, свойства.

Анализ действующей системы нормирования внесения в водные объекты взвешенных веществ (ВВ) показал, что она базируется только на рыбохозяйственных ПДК, установленных в лабораторных условиях для нейтральных ВВ. Но подробный анализ продемонстрировал, что в составе ВВ могут находиться органические и неорганические ингредиенты, оказывающие не только механическое воздействие на гидробионты, но и на гидрохимические характеристики водных объектов вследствие трансформации под воздействием внутриводоемных процессов. Помимо этого, они выступают и в качестве переносчика сорбированных на них поллютантов, в т.ч. и высокотоксичных, а также и причины формирования донных отложений, являющихся источником вторичного загрязнения.

Ряд авторов, исследуя экосистемное воздействие взвешенных веществ, рассматривая химически нейтральные ВВ, предложили проводить регламентацию сброса, исходя из их воздействия на семейство рыб, опираясь на результаты длительных наблюдений за влиянием нейтральных взвешенных веществ на поведенческие последствия рыб. Анализ сложившейся ситуации показывает, что на настоящий момент совокупной оценки влияния взвешенных веществ на состояние водных объектов практически не существует. Имеет место дифференцированная оценка влияния практически одного класса взвешенных веществ («химически нейтральных»), что абсолютно неадекватно сложившейся ситуации. По сути, обоснованного нормирования привнесения взвешенных веществ в водные объекты, которое бы учитывало весь спектр воздействия ВВ на водные объекты, практически не существует.

ON THE ISSUE OF NORMALIZATION OF MAXIMAL PERMISSIBLE INPUT OF SUSPENDED MATTER INTO WATER BODIES

Aleksander N. Popov

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water
Management and Protection», Ekaterinburg, Russia
e-mail: pan1944@rambler.ru

Keywords: water body, suspended matter, hydrocoles, ingredients, concentration, impact, fish family, bioceonosis, status, properties

Analysis of the currently used system of normalization of the suspended substances (SS) input into water bodies has shown that it is based only on fishery norms of maximal permissible concentration set in laboratory conditions for neutral SS. The detailed analysis has demonstrated that SS can contain organic and non-organic ingredients with not only mechanical impact on hydrocoles but with the impact upon hydro/chemical characteristics of water bodies due to transformation because of the inter-water body processes influence. Besides, they act as carriers of the adsorbed pollutants including high-toxic ones, as well as initiators of bottom sediments (sources of secondary pollution) formation.

A number of authors who deal with ecosystem impact of suspended substances and consider chemically neutral SS have proposed regulation of discharge based on the pollutants' impact on fish families according to the results of long-time observations of the fish behavior under the neutral suspended substances' impact. Analysis of the current situation demonstrates that now there is practically no aggregated assessment of the suspended substances impact on the water bodies' status. There is only differentiated estimation of the impact of only the one class of suspended substances ("chemically neutral") though it is quite inadequate in respect of the current situation. In fact, there is practically no well-grounded norms of suspended substances discharge to water bodies to take into account the whole spectrum of the SS impact upon water bodies.

Ревизия действующей в настоящее время системы нормирования сброса взвешенных веществ (ВВ) в водные объекты показала, что она не имеет серьёзного научного обоснования. В частности, в водохозяйственной практике при определении допустимого привнесения в водные объекты ВВ принято считать, что они химически нейтральны, влияют на прозрачность, органолептические свойства воды и оказывают механическое воздействие на гидробионтов.

Однако, подробный анализ ситуации показывает, что зачастую в составе ВВ находятся органические ингредиенты различной этиологии, неорганические составляющие, подверженные трансформации под воздействием внутриводоёмных процессов. Помимо этого, ВВ могут выступать и в качестве, переносчика сорбированных на них поллютантов, в т.ч. и высокотоксичных. В связи с этим совокупность ингредиентов, объединяемых общим термином «взвешенные вещества», может не только оказывать механическое воздействие на гидробионтов и физические свойства воды, но и оказывать токсикологические эффекты различного свойства, вследствие различия их химического и дисперсионного состава.

В частности, хозяйственно-бытовые сточные воды содержат взвеси, состоящих, в среднем, на 58 % из органических веществ, на 42 % – из минеральных. Как токсикологические, так и химические свойства компонентов, входящих в состав первых и вторых весьма разнообразны.

В составе взвешенных веществ ливневого стока с территории городов содержится (в сорбированном виде) до 2-3 % нефтепродуктов, которые практически все аккумулируются в руслах рек, прудах, водохранилищах в виде донных отложений.

В сточных водах крупных предприятий чёрной металлургии взвешенные вещества содержат: SiO_2 – 12 %, Fe_2O_3 – 64,5 %, соединения Ca (2+) – 12,3 % и Mg (2+) – 1,2 %, сульфиты – 1,08 %, нефтепродукты – 2 – 3 %.

В сточных водах предприятий цветной металлургии взвеси содержат сульфидные минералы, окиси металлов, компоненты, применяемые при обогащении руд, и пр.

В сточных водах химических производств содержится масса органических ингредиентов: нефть, нефтепродукты, нафтенновые кислоты, фенолы, эфирорастворимые вещества и пр.

Весьма разнообразен спектр органических веществ в сточных водах предприятий пищевой промышленности.

ВВ в сорбированном виде могут содержать нефтепродукты, соединения металлов, мышьяка, ПАВ и другие органические вещества различного состава и свойств.

Можно отметить следующие непосредственные воздействия взвешенных частиц на гидрохимические показатели водных объектов, их фауну и флору:

1) Взвешенные вещества уменьшают прозрачность воды, интенсивность фотосинтеза, объем первичной продукции (фитопланктона и высшей водной растительности).

2) Взмученные воды быстрее прогреваются, что отрицательно сказывается на ихтиофауне и беспозвоночных, особенно на хладолюбивых.

3) Изменяется химизм вод, т.к. на взвешенных частицах адсорбируются органические и неорганические вещества, тяжелые металлы, что обеспечивает их разнос совместно с ВВ на большие расстояния с последующей десорбцией.

4) Взвеси могут и сами поглощать кислород из воды, что в свою очередь вызывает угнетение дыхательного аппарата водных организмов, нарушение газового режима водных объектов.

5) Взвешенные вещества, помимо всего прочего, могут «поглощать» из воды различные компоненты питания, необходимые биоценозу, что способно изменять химико-биологические показатели водоема и кормовой базы.

6) Устойчивые повышенные концентрации взвесей нередко сопровождаются ростом содержания в воде соединений азота, фосфора, железа, многих биогенных микроэлементов, легко окисляемых органических веществ.

7) Взвешенные вещества оказывают негативное влияние на физиолого-биохимические параметры рыб.

8) Многократно показано отрицательное воздействие взвешенных частиц в высоких концентрациях на состав фауны рыб (замена ценозов), причем количественные данные в литературе весьма противоречивы.

9) Взвешенные вещества засоряют, заиляют нерестилища рыб, что ведёт к снижению потенциала воспроизводства.

10) Могут приводить к летальному исходу в зависимости от видовой толерантности рыб к данному виду загрязнений.

11) Являются субстратом для размещения бактериальной микрофлоры, в т.ч. и болезнетворной.

12) Формируют донные отложения, которые могут быть источниками вторичного загрязнения совершенно различными ингредиентами: от газов (углекислота, сероводород, метан и пр.) – до органических и минеральных веществ различного состава):

– донные отложения, образовавшиеся в результате поступления городских сточных вод, являются источником вторичного загрязнения растворёнными органическими веществами (РОВ), ионами аммония, соединениями фосфора, сопровождается выделением азота, углекислого газа, сероводорода, метана и пр., поглощают большое количество кислорода;

– донные отложения ливневых сточных вод – источник вторичного загрязнения нефтепродуктами и взвешенными веществами. Так, привнесение в водоём ВВ, содержащихся в неподверженных очистке ливневых сточных водах, при десорбции с 1 кг. даст прирост количества нефтепродуктов в природной воде на 4,9 грамма. Не десорбированные с ВВ нефтепродукты депонируются в донных отложениях и при трансформации последних переходят в воду;

– аналогично – для донных отложений сточных вод предприятий чёрной металлургии;

– донные отложения предприятий цветной металлургии – источник вторичного загрязнения соединениями металлов, сульфат-ионами, причина повышения кислотности и пр. Привнесение в водоёмы взвешенных веществ, в состав которых входят сульфидные соединения железа, меди, цинка и пр. (колчеданные руды), ведёт к формированию источников вторичного загрязнения водного объекта ионами упомянутых металлов, сульфатами, серной кислотой.

Для примера в таблице 1 представлено поступление в воду ингредиентов из квадратного метра донных отложений, сформированных ВВ, содержащих около 8 % сульфидной серы колчеданных руд.

Таблица 1. Поступление ингредиентов в воду из донных отложений, содержащих до 8 % сульфидной серы, при величине pH = 7,3, (мг/м² сутки) [49]

pH	SO ₄ ²⁻	As (Y+)	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺
7,3	2190	0,111	3,1	0,18	6,6	17	1277

Экологическое нормирование сброса ВВ в водные объекты-приёмники целесообразно проводить с учётом взаимосвязанных критериев:

- обеспечение в водном объекте – приёмнике экологически безопасных концентраций ВВ с учётом их минерального состава, дисперсионных характеристик и транспортируемых ими поллютантов;

- предотвращение заиления водного объекта-приёмника.

- предотвращения формирования донных отложений – потенциальных источников вторичного загрязнения как за счёт биохимической и физико-химической трансформации неинертных ингредиентов, входящих в состав ВВ, так и вследствие процессов десорбции транспортируемых ими поллютантов.

- допустимое привнесение ВВ должно назначаться с учётом особенностей трансформации загрязняющих веществ, определяющихся в их составе;

- при нормировании сброса ВВ необходимо учитывать их участие в сорбционно – десорбционных процессах в период оседания или транспортировки в потоке.

- устанавливать ПДК для ВВ, исходя из гидравлических особенностей водного объекта, региональных особенностей формирования качества воды водоёма и особенностей функционирования отдельных звеньев биоценоза. Например, в зависимости от трофического уровня водоёмов фитопланктонного и фитопланктонно-макрофитного типа определённая концентрация взвешенных веществ формируется фитопланктоном.

«Цветение» водоёмов – явление сезонное, что необходимо учитывать при определении предельного привнесения взвешенных веществ в водоёмы в летний и зимний периоды, с учётом влияния органических веществ фитопланктона на гидрохимические показатели. Взвешенные вещества, формируемые фитопланктоном, содержат до 70 % органического вещества, 5 – 12 % азота и фосфора, которые вступая в биологический круговорот, могут в заметной степени влиять на оценку воздействия ВВ на гидрохимический режим водоёмов;

Исследуя экосистемное воздействие взвешенных веществ, авторы работы «Влияние взвешенных наносов на речные ихтиоценозы», (Чалов С.Р., Есин Е.В., Леман В.Н.// Известия ТИНРО. – 2019. – С. 179-192), рассматривая химически нейтральные ВВ, аналогичные по своему составу естественно формирующемуся в фоновом створе, предложили проводить регламентацию сброса, исходя из их воздействия на семейство рыб (табл. 2).

Таблица 2. Дифференцированная параметрическая шкала результатов продолжительного воздействия (месяцы-годы) мутности на разные группы рыб, характерных для рек России

Мутность, мг/л	Конц. ВВ, мг/л	Семейства					
		Лососёвые, хариусовые	Сиго- вые	Окунё- вые	Карпо- вые	Сомо- вые	Осетро- вые
< 10	< 5,8						
10 – 25	5,8 – 14,4						
25 – 100	14,4 – 58						
100 – 250	58 – 144						
250 – 500	144 – 290						
500 – 1000	290 – 580						
1000 – 5000	580 – 2900						
5000 – 10000	2900 – 5800						
10000 – 25000	5800 – 14400						
25000 – 100000	14400 – 58000						
>100000	> 58000						

Примечание Ячейки таблицы обозначены цветами: белым – нормальное состояние, серым – поведенческие последствия, тёмно-серым – летальные эффекты. Коэффициент пересчёта мутности в содержание взвешенных веществ – 0,58 (ГОСТ 3351).

Исходя из представленных в таблице 2 данных, водные объекты можно разбить на категории, корреспондируемые с семействами рыб, в них обитающих, и показать соответствующие им предельные концентрации взвешенных веществ, не вызывающих поведенческих последствий. Данные представлены в табл. 3.

Таблица 3. Виды водоёмов, корреспондируемые семействам рыб, в них обитающих, предельные концентрации нейтральных взвешенных веществ в них, не вызывающих поведенческих последствий

№ пп	Водные объекты, соответствующие семействам обитающих в них рыб	ПДК ВВ, мг/дм ³
1	Лососёвые, хариусовые	< 5,8
2	Сиговые	14,4
3	Окунёвые	58,0
4	Осетровые	14,4 – 580
5	Карповые	144
6	Сомовые	290

Примечание: В России отсутствуют виды осетровых, обитающих в озёрах (исключение – байкальский осётр) и в водохранилищах.

Уже говорилось, что при сбросе химически нейтральных ВВ учитывается только фактор физического воздействия на биоту и прозрачность. Однако, изменение последней влечёт за собой изменение и в гидробиоценозе. Например, изменение площади зарастания, видового состава и биомассы ВВР, что, в свою очередь, вызывает изменение продукции фитопланктона и далее по всей цепочке биоценоза, изменения прозрачности могут приводить к смене сформировавшихся в процессе эволюции гидробиоценозов, что фактически наблюдается на водных объектах, подверженных привнесению ВВ, т.е. имеет место опосредованное, часто неожиданное влияние ВВ на состояние водных объектов. Наблюдения показали, что указанные процессы могут происходить за достаточно короткое время, изменяя при этом и экосистемы площади водосбора.

С другой стороны, опираясь на данные таблицы 3, можно говорить о том, что высшее звено речных биоценозов (рыбы разных семейств) способно существовать именно в указанных конкретных условиях, которым соответствуют сформировавшиеся экосистемы.

В связи с этим, для водоёмов, соответствующим семействам обитающих в них рыб, целевые показатели не должны превышать величин ПДК, представленных в таблице. При наличии в водоёме рыб разных семейств величина целевого показателя должна соответствовать ПДК, характерной для наиболее чувствительного семейства из представленных в водоёме.

Однако, подобная регламентация целевых показателей, на наш взгляд, возможна лишь для водных объектов, целенаправленно используемых для рыборазведения различных ихтиоценозов и рыболовства. При комплексном использовании водного объекта целевые показатели концентрации взвешенных веществ должны определяться ещё и требованиями, предъявляемыми другими видами водопользования с учётом формирования фонового качества воды.

Более того, необходимо досконально знать природу образования взвешенных частиц, поскольку ВВ, допускаемые к привнесению в водные объекты в соответствие с их гидравлической крупностью, могут находиться в водной толще от 2-х дней до 4-х лет. И весь этот срок могут участвовать в круговороте ингредиентов, в одних условиях их сорбируя, в

других – десорбируя, трансформироваться, влиять на газовый режим, продукционно-деструкционные процессы и пр.

Например, казалось бы, инертные взвеси в виде кварцевого песка являются достаточно активными сорбентами в одних условиях, десорбируя накопленные ингредиенты в других.

Анализ сложившейся ситуации показывает, что на настоящий момент совокупной оценки влияния взвешенных веществ на состояние водных объектов практически не существует. Имеет место дифференцированная оценка влияния практически одного класса взвешенных веществ («химически нейтральных»), что абсолютно неадекватно сложившейся ситуации. По сути, обоснованного нормирования привнесения взвешенных веществ в водные объекты, которое бы учитывало весь спектр воздействия ВВ на водные объекты, практически не существует.

СРАВНЕНИЕ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ ХИЛОК ПО МЕТОДИКАМ УКИЗВ И ПАН^б

Потапов Г.А., Заслоновский В.Н.

ФГБОУВО «Забайкальский государственный университет», г. Чита, Россия

e-mail: griks1997@mail.ru

Ключевые слова: удельный комбинаторный индекс загрязнения вод (УКИЗВ), базовый показатель антропогенной нагрузки (ПАН^б), река Хилок, гидрохимические показатели, качество воды.

Проведен анализ и сравнение оценок качества вод реки Хилок по методикам удельного комбинаторного индекса загрязнения вод – «УКИЗВ» и комплексному базовому показателю антропогенной нагрузки – «ПАН^б» за 15-летний временной период с 2004–2018 гг. Использованы данные ЗабУГМС по гидрохимическому составу воды в р. Хилок по участкам бассейна реки Хилок.

COMPARISON OF WATER QUALITY ASSESSMENTS OF THE KHILOK RIVER ACCORDING TO THE UKIZV AND PANS TECHNIQUES

Grigoriy A. Potapov, Valeriy N. Zaslunovskiy

Zabaikalsky State University, Chita, Russia

e-mail: griks1997@mail.ru

Keywords: «UKIZV»: specific combinatorial index of pollutants, “PAN^b”: the basic indicator of anthropogenic load, the Khilok River, hydro/chemical indicators, water quality.

The analysis and comparison of water quality assessments of the Khilok River using the methods of the specific combinatorial index of water pollution «UKIZV» with the complex basic indicator of anthropogenic load – «PAN^b» for a 15-year time period from 2004-2018 is carried out. The data of Zab.UGMS on the hydro/chemical composition of water in the Khilok River for sections of the Khilok River basin were used.

Целью данной работы является сравнение и анализ изменения качественного состава вод р. Хилок, с точки зрения гидрохимических показателей и с экологических позиций в соответствии с методиками: удельного комбинаторного индекса загрязнения вод – «УКИЗВ» [8] и комплексного базового показателя антропогенной нагрузки – «ПАН^б» [5] по шести наблюдательным пунктам, расположенным в бассейне реки Хилок, за последние полтора десятка лет.

Река Хилок (рис. 1) является правым притоком р. Селенга, принадлежит бассейну оз. Байкал.

Река берет свое начало из оз. Арахлей, которое расположено на территории Забайкальского края на абсолютной отметке 965 м, протекает по территории Забайкальского края, затем, пересекая границу с республикой Бурятия, впадает в р. Селенга в 242 км от ее устья. Длина реки составляет 840 км. Большая часть реки Хилок (625 км) находится на территории Забайкальского края, остальные 215 км – на территории республики Бурятия [3, 4]. Площадь водосборного бассейна реки составляет 38 500 км². Из них на территорию республики Бурятии приходится 8900 км². Основная часть бассейна располагается на территории Забайкальского края и составляет 29 600 км².

Основную антропогенную нагрузку несут сама река Хилок и ее правый приток первого порядка – р. Баляга. Воды реки Хилок подвергаются загрязнению сточными водами с предприятий: Забайкальская железная дорога, Жипхегенский камнещебеночный завод, Тигнинский угольный разрез. Воды реки Баляга подвергаются загрязнению сточными водами ряда небольших предприятий г. Петровск-Забайкальский [7].

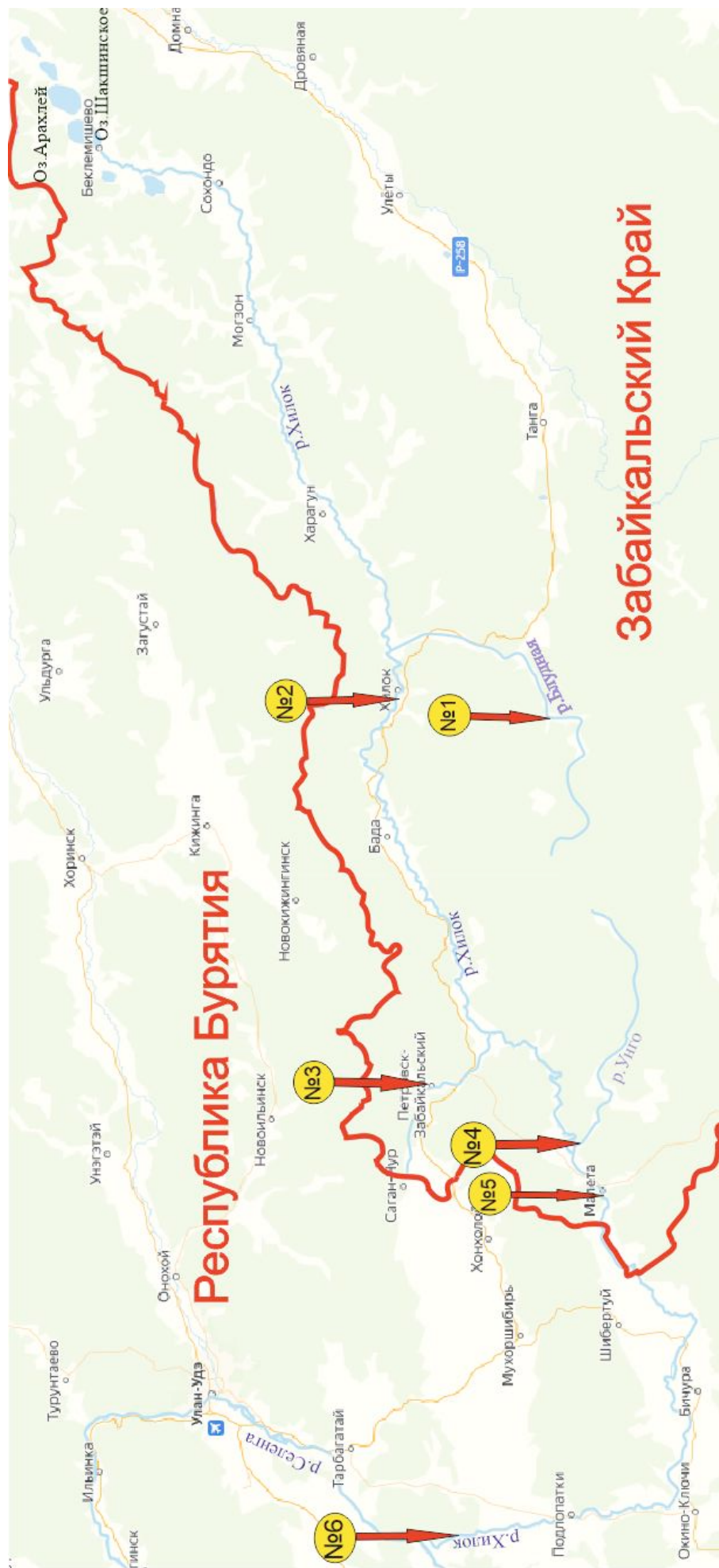


Рис. 1. Карта-схема реки Хилок и его притоков с отмеченными створами по длине реки.

1. р. Блудная – с. Энгорок (левый приток, створ контрольный, расположен 0,5 ниже с. Энгорок);
2. р. Хилок – г. Хилок (створ контрольный, расположен 0,5 ниже г. Хилок);
3. р. Баляга – г. Петровск-Забайкальский (правый приток, створ контрольный, расположен ниже г. Петровск-Забайкальский);
4. р. Унго – с. Усть-Унго (левый приток, створ контрольный, расположен 0,5 ниже с. Усть-Унго);
5. р. Хилок – с. Малета (створ контрольный, расположен 0,5 ниже с. Малета);
6. р. Хилок – з. Хайластуй (створ контрольный, расположен на уровне заимки: 7 км выше с. Харитоново).

Также на территории пгт. Новопавловка располагается деревообрабатывающее предприятие ООО «Мебельный комбинат Рассвет».

Ранее, в одной из публикаций авторов [9], было рассмотрено качество вод реки Баляга. Чтобы оценить качество воды с экологических позиций воспользуемся методикой комплексного базового показателя антропогенной нагрузки (ПАН^б) [2] по основным базовым анализам-маркерам. В перечень для ПАН^б входят вещества: водородный показатель – (pH), сухой остаток, взвешенные вещества, ХПК, БПК₅, аммонийный азот – (NH₃), нитриты – (NO₂), нитраты – (NO₃), фосфор фосфатов, железо_{общ.} – (Fe_{общ.}), марганец – (Mn_{общ.}) [5,10]. Показатель (БПК₅) – при расчете ПАН^б не используется, а характеризует токсичность.

На основании обработки фондовых данных ФГБУ «Забайкальское УГМС» за период с 2004 по 2018 гг. [8] были рассчитаны среднегодовые концентрации вышеуказанных загрязняющих веществ в створах р. Хилок, которые представлены в табл. 1.

Расчет удельного комбинаторного индекса загрязнения вод был произведен по следующему перечню веществ: цинк – (Zn), медь – (Cu), железо_{общ.} – (Fe_{общ.}), аммонийный азот – (NH₃), нитриты – (NO₂), нитраты – (NO₃), растворенный кислород – (O₂), химическое потребления кислорода – (ХПК), биохимическое потребления кислорода – (БПК₅), нефтепродукты, фенолы, марганец – (Mn). Остальные три показателя (никель, хлориды, сульфаты) за весь анализируемый период ПДК_{рыб/хоз} не превышали.

Поскольку река Хилок и ее притоки относятся к водным объектам рыбохозяйственного значения, то при расчете УКИЗВ для рассматриваемых веществ использовались следующие значения ПДК_{рыб/хоз} (мг/дм³): растворенный кислород – (> 6,0), БПК₅ – (2,0), ХПК – (30,0), нефтепродукты – (0,05), аммонийный азот – (0,5), фенолы – (0,001), нитриты – (0,08), нитраты – (40,0), железо общее – (0,1), медь – (0,001), цинк – (0,01), марганец – (0,01).

Табл. 1. Среднегодовое гидрохимические данные за период с 2004 по 2018 гг.

Базовый аналит-маркер, C_i		р. Блудная – с. Энгорок (контр. створ)	р. Хилок – г. Хилок (контр. створ)	р. Баляга – г. Петровск- Забайкальский (контр. створ)	р. Хилок – с. Малета (контр. створ)	р. Унго – с. Усть-Унго (контр. створ)	р. Хилок – з. Хайлстуй (контр. створ)
		1	2	3	4	5	6
1	Минерализация, мг/дм ³	73,32	90,17	255,38	103,93	94,04	109,79
2	pH, ед. pH	7,09	7,23	7,18	6,88	6,82	7,72
3	Взвеш. вещества, мг/дм ³	3,75	5,85	6,91	5,50	4,92	14,79
4	ХПК, мг/дм ³	20,24	24,36	29,92	22,75	20,17	17,89
5	БПК, мг/дм ³	–	–	–	–	–	–
6	Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,014	0,050	0,104	0,015	0,016	0,007
7	Азот аммония, мг/дм ³	0,050	0,220	0,079	0,031	0,029	0,013
8	Азот нитратов, мг/дм ³	0,097	0,025	0,406	0,097	0,052	0,054
9	Азот нитритов, мг/дм ³	0,002	0,019	0,009	0,006	0,001	0,002
10	Железо общие, мг/дм ³	0,182	0,347	0,136	0,214	0,160	0,329
11	Марганец общий, мг/дм ³	0,083	0,107	0,121	0,14	0,069	–

Табл. 2. Классы качества вод по базовому показателю антропогенной нагрузки [5]

Комплексный оценочный показатель	Класс качества воды водных объектов с экологических позиций				
	I	II	III	IV	V
	Очень чистая	чистая	Умеренно-загрязненная	загрязненная	грязная
Состояние кризисности экосистемы	Состояние обратимых изменений		Пороговое уязвимое состояние	Состояние обратимых и необратимых изменений	
ПАН ^б , усл. м ³ /м ³ [ГОСТ Р 57075]	<4,2	4,2÷10,8	10,9÷24	24,1÷70	70,1÷135

Были произведены расчеты базового показателя по методике ПАН^б [5] и значения УКИЗВ [8], которые представлены в таблицах 3 и 4 по шести створам, три из которых находятся на притоках р. Хилор. В результате расчета ПАН^б, (табл. 3, рис. 2, 3) выявлено, что во всех рассмотренных нами створах значение ПАН^б соответствует (табл. 2) I классу качества. Это говорит о том, что водная экосистема реки Хилор пребывает в хорошем экологическом состоянии. Базовый показатель ПАН^б свидетельствует о состоянии обратимых изменений качества вод водного объекта.

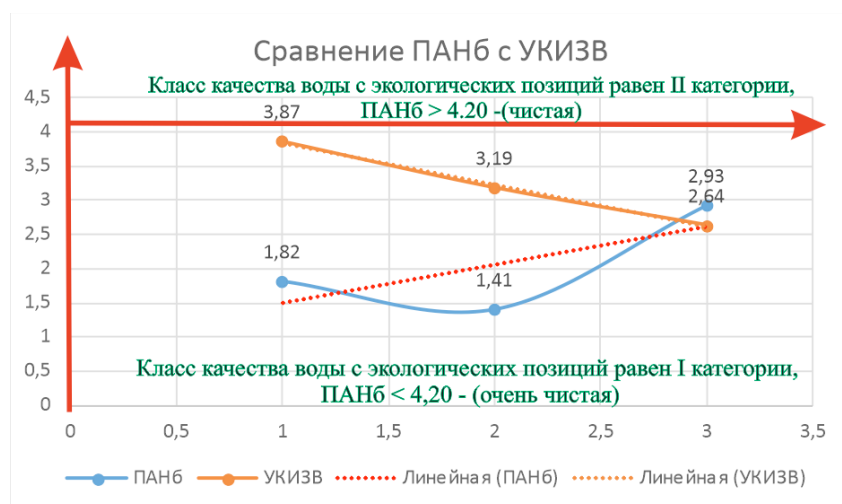


Рис. 2. График качества воды по длине р. Хилор по трем створам с экологических позиций на основе ПАН^б.



Рис. 3. Качество воды притоков реки Хилор с экологических позиций и по методике УКИЗВ.

Табл. 3. Показатели качества вод р. Хилок по длине (сверху вниз) и ее притоков

Комплексный оценочный показатель	Гидрохимические створы расположенные по длине реки Хилок и его притоков					
Состояние кризисности экосистемы	(I) – очень чистая	(I) – очень чистая	(I) – очень чистая	(I) – очень чистая	(I) – очень чистая	(I) – очень чистая
Гидрохим. посты.	р. Блудная-с. Энгорок (контр. пост)	р. Хилок – г. Хилок (контр. пост)	р. Баляга – г. Петровск-Забайкальский (контр. створ)	р. Хилок – с. Малета (контр. створ)	р. Унго – с. Усть-Унго (контр. створ)	р. Хилок – з. Хайластуй (контр. створ)
ПАН ^б усл. м ³ /м ³	1,02	1,82	4,14	1,41	1,02	2,93

При расчете было выявлено, что во всех перечисленных гидрохимических створах не зафиксировано характерного загрязнения вод, которое бы влияло на экологическую ситуацию в водной среде. По всем шести створам ПАН^б [5] не превышает 4,2 ((ПАН^б), усл. м³/м³), что говорит о том, что класс качества воды на данных створах с экологических позиций относится к (I) категории – «очень чистая вода». Водный объект хорошо справляется с характерными загрязнениями благодаря самоочищению и разбавлению воды.

Табл. 4. Показатели качества вод по длине р. Хилок и ее притокам (сверху вниз) с применением методики УКИЗВ [8]

Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды		
1	2	3
Створы, расположенные вдоль реки Хилок		
р. Хилок – г. Хилок (контр. створ)	р. Хилок – г. Малета	р. Хилок – з. Хайластуй
3,87	3,19	2,64
3(б) – (очень загрязненная)	3(б) – (очень загрязненная)	3(а) – (загрязненная)
Створы, расположенные на притоках реки Хилок		
1	2	3
р. Блудная – с. Энгорок	р. Баляга – г. Петр Забайкальский	р. Унго – с. Усть-Унго
3,57	3,44	3,03
3(б) – (очень загрязненная)	3(б) – (очень загрязненная)	3(а) – (загрязненная)

При расчете удельного комбинаторного индекса загрязнения воды выявлено, что вода в реке Хилок в верхнем и среднем течении принадлежит к категории III(б) – (очень загрязненная) (рис. 2), а ниже, к устью, показатель УКИЗВ снижается до категории 3(а) – (загрязненная) (рис. 2), что указывает на улучшение качества воды.

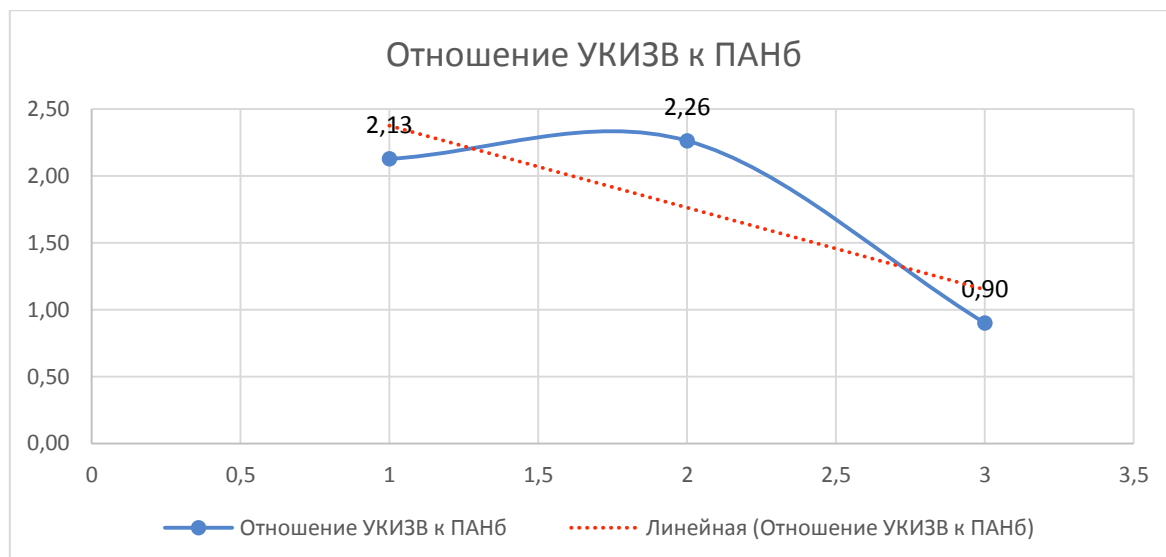


Рис. 4. Отношение удельного комбинаторного загрязнения вод к базовому показателю антропогенной нагрузки по р. Хилок по трем наблюдаемым створам (г.Хилок, с.Малета, з.Хайластуй).

Отметим, что из сравнения двух методик (УКИЗВ[8] и ПАН^б[5]) за 15-летний временной период видно, что тренд отношения УКИЗВ к ПАН^б по длине реки идет на спад (рис. 4), что указывает на снижение поступления загрязняющих веществ с водосборной территории. Вместе с тем, по графику (рис. 4) видно, что на участке между г. Хилок и с. Малета заметен некоторый рост отношения показателей. Это связано с тем, что на данном участке в реку Хилок впадает река Баляга, которая несет дополнительно загрязняющие вещества с предприятий г. Петровск–Забайкальский [10] (рис.1). Увеличение показателя ПАН^б от второго к третьему створу связано, главным образом, с увеличением поступления взвешенных веществ в воды реки с прилегающей территории бассейна и из притоков.

ВЫВОДЫ

В данной работе рассмотрены две методики, оценивающие качество воды с разных позиций.

Методика удельного комбинаторного индекса загрязнения вод (УКИЗВ) [8] дает оценку качества воды по гидрохимическим показателям и базируется на критериях ПДК_{рыб/хоз} [6], включая как природные, так и антропогенные пути поступления загрязняющих веществ.

Методика базового показателя антропогенной нагрузки «ПАН^б» [5] дает оценку качества вод с экологических позиций. Данная методика является более простой, чем методика УКИЗВ. «ПАН^б» учитывает 11 основных показателей (аналитов-маркеров) [5]. При этом за основу берутся показатели состояния экосистемы на рассматриваемом участке водного объекта.

Методика ПАН^б позволяет понять – справляется ли водный объект с антропогенной нагрузкой на данном участке.

Приведенные расчеты и графические зависимости показывают, что река Хилок, в целом, справляется с поступающими объемами загрязнений и не требует дополнительных мероприятий по очистке воды. Однако стоит обратить внимание на участок в районе г. Петровск-Забайкальский и приток (р. Баляга), впадающий в р. Хилок на данном участке. На этом участке и в створе 3 следует проводить импактный мониторинг качества воды в последующие временные периоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние города Петровск-Забайкальский на качество вод реки Баляга // URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41041726> (дата обращения 12.02.2021).
2. ГОСТ Р 57075-2016. Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности // URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751839.pdf> (дата обращения 20.01.2021).
3. Компоненты природной среды и их природные ресурсы // URL: <http://www.geol.irk.ru/baikal/baikal/rep2003/pdf/baikal2003p1-2-1.pdf> (дата обращения 20.01.2021).
4. Малая энциклопедия Забайкалья // URL: <http://encycl.chita.ru/encycl/concepts/?id=2653> (дата обращения 16.12.2020).
5. Оценка экологического состояния водных объектов: унифицированные подходы для выполнения задач национального проекта «экология» // URL: <https://waterjournal.ru/files/wj/1572334418.pdf> (дата обращения 25.01.2021).
6. Приказ Минсельхоза РФ № 552 от 13 декабря 2016 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых значений (ПДК_{рыб/хоз}) в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (дата обращения 03.02.2021).
7. Фондовые данные ФГБУ «Забайкальское УГМС» за период с 2004–2018 годы по химическому составу вод р. Хилок (дата обращения 12.01.2021).
8. РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», утвержден Росгидрометом 03.12.2002 г. (дата обращения 15.12.2020).
9. Оценка качественного состава вод р. Хилок с экологических позиций // URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44306987> (дата обращения 15.12.2020).
10. Качественный состав вод реки Хилок в районе города Хилок // URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44045895&pff=1> (дата обращения 20.02.2020).

**ДРЕНАЖНЫЙ СТОК,
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ
Пыленок П.И.**

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия
e-mail: petr.pylenok@mail.ru

Ключевые слова: дренажный сток, методы определения параметров стока, площадь увлажнения дренажными водами, тип водного питания, гидромелиоративный рециклинг.

В работе анализируются методы определения фактических и расчетных характеристик дренажного стока, который относится к отходам гидромелиоративного производства, содержит ингредиентные загрязнители. Для повышения степени утилизации дренажных вод предлагаются расчетные зависимости для оценки площади увлажнения осушаемых земель дренажными водами. Показана гидрологическая надежность утилизации дренажных вод с применением технологии гидромелиоративного рециклинга, установленная на основе натурных исследований на осушаемых болотах с грунтовым и грунтово-намывным типами водного питания в условиях Мещерской низменности.

**DRAINAGE FLOW: METHODS OF DETERMINATION AND UTILISATION
TECHNIQUES
Pylenok P. I.**

Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation (VNIIGiM) -
Meshchersky Branch, Ryazan, Russia
e-mail: petr.pylenok@mail.ru

Keywords: drainage, methods for determining the parameters of the flow, the area of moisture drainage water, the type of water supply, irrigation and the recycling.

The paper analyzes the methods for determining the actual and calculated characteristics of the drainage riser, which belongs to the waste of hydro-reclamation production, contains ingredient pollutants. In order to increase the degree of drainage water utilization, calculated dependencies are proposed for estimating the area of drainage water moistening of drained lands. The article shows the hydrological reliability of drainage water utilization with the use of hydro-reclamation recycling technology based on field studies on drained swamps with ground and ground-alluvial types of water supply in the Meshcherskaya lowland.

Дренажный сток является одной из важнейших гидролого-мелиоративных характеристик, используемых при проектировании гидромелиоративных систем и разработке мероприятий по комплексному использованию и охране водных объектов, являющихся водоприемниками осушительных систем или водоисточниками оросительных систем. От правильности определения характеристик дренажного стока (модуль дренажного стока, объем дренажного стока) зависит качество проектирования дренажа, выбор рационального метода увлажнения и площади увлажнения за счет местного стока. Несмотря на многолетние и многочисленные экспериментальные исследования дренажного стока в России и других странах, из-за сложности и многофакторности условий его формирования, единые рекомендации пока отсутствуют. Для определения фактических и расчетных параметров дренажного тока используются разные методы, раскрытые в литературе [1, 3, 4–8, 10–15 и др.]. Недостаточно изученными остаются вопросы утилизации дренажных вод.

Материалы и методы. Методической основой исследовательских работ является применение водного баланса как инструмента количественной оценки дренажного стока, системный анализ и синтез, натурные исследования на мелиоративных стационарах.

Результаты и обсуждение. Представляется целесообразным вначале рассмотреть методы определения фактических и расчетных параметров дренажного стока, которые будут использованы в предлагаемых расчетных зависимостях.

Фильтрационный расчет. Для расчетных периодов осушения модуль дренажного стока может быть определен через величину притока воды к дренам по формуле:

$$q_c = 116 q, \quad (1)$$

где q_c – модуль дренажного стока, л/с га; q – средний за расчетный период приток к дренам, м/сут.

Среднесуточный приток воды к дренам (интенсивность инфильтрационного питания) определяется по формуле [8]:

$$q = \frac{W}{t}, \quad (2)$$

где W – слой воды, подлежащий отводу дренажем, м; t – время понижения УГВ на заданную глубину, сут (в предпосевной период $t = 5 \dots 7$ сут).

В зависимости от типа водного питания (ТВП) болот определение слоя воды, отводимого дренажем, т.е. слоя дренажного стока (W), устанавливается по следующим зависимостям:

- при заболачивании из-за высокого стояния уровня грунтовых вод (грунтовый ТВП):

$$q = \frac{H_p}{T}, \quad (3)$$

- при заболачивании, вызванном высоким стоянием уровня грунтово-напорных вод (грунтово-напорный ТВП):

$$q = \frac{H_p}{T} + k_n J_n, \quad (4)$$

- при интенсивном притоке грунтовых вод на осушаемую площадь с внешнего водосбора:

$$q = \frac{H_p}{T} + k_c J_{cp}, \quad (5)$$

где q – приток воды, м/сут; H_p – слой воды (толщина), который должен быть отведен за расчетный период T (сут) в год заданной обеспеченности, м; k_n – приведенный коэффициент фильтрации грунтов залегающих между напорными водоносными слоями, в которых заложена дрена, м/сут; J_n – градиент восходящего тока, приближенно равный, $(H_n - H_o)/S$, где H_n – пьезометрический напор водоносного пласта над уровнем воды в дрене, м; H_o – действующий напор, м; S – глубина залегания кровли напорного водоносного горизонта, обеспечиваемая от уровня воды в дрене, м.

Располагая значением некоторого дренажного модуля, можно рассчитать суточный объем дренажного стока (Q_m) с площади, занимаемой дренажным модулем:

$$Q_m = 86,4 q_c t F_m, \text{ м}^3, \quad (6)$$

где t – время, с; F_m – площадь дренажного модуля, га.

Соответственно, объем дренажного стока гидромелиоративной системы ($Q_{др}$), состоящей из нескольких модулей, будет равен:

$$Q_{др} = \Sigma Q_m. \quad (7)$$

Следует отметить, что значение модуля, полученное таким методом расчета справедливо для расчетных периодов дренажа (предпосевно-посевной, летне-осеннего паводка). Для остального времени года этот метод не работает, поскольку вместо нормированного значения необходимо иметь данные по режиму уровня грунтовых вод.

Метод неустановившейся фильтрации. Для расчета водного режима, включая дренажный сток (по Голованову А.И.) [2], используют систему уравнений:

$$Q = -\Delta \tau k [0.5(\varpi_r + 1)]^{3.5} \left[\bar{h}_i^{-1} \left(\frac{1}{v} \ln \varpi_r \right)^{\frac{1}{3}} + 1 \right], \quad (8)$$

$$Q = h_2(\mu + 0.5D_o\Delta\tau) - h_1(\mu - 0.5D_o\Delta\tau) - D_o\Delta\tau h_o, \quad (9)$$

$$W_2 = W_1 + O_c + M - E_c + Q, \quad (10)$$

где Q – суммарное количество влаги, перенесенное потоком интенсивностью q за интервал времени $\Delta\tau$; k – коэффициент фильтрации; ϖ_r – приведенная влажность на нижней границе корнеобитаемой зоны:

$$\varpi_r = \frac{\omega_r - \omega^*}{p - \omega^*}; \quad \omega_r = (1.15 \div 1.20)\omega; \quad \omega = \frac{W_r}{h_r} \quad (11)$$

ω_r – влажность на нижней границе корнеобитаемой зоны; ω и W_r – соответственно средняя влажность и влагозапасы корнеобитаемой зоны; ω^* – максимальная молекулярная влагоемкость; p – пористость:

$$h_i = h - h_r \quad (12)$$

h – глубина грунтовых вод; v – коэффициент, зависящий от механического состава почвы, принимается для суглинистых и супесчаных почв $v = 2,7$; h_1 и h_2 – соответственно глубина грунтовых вод в начале и в конце расчетного интервала времени $\Delta\tau$; μ – коэффициент водоотдачи грунта; D_o – интенсивность дренирования, то есть модуль дренажного стока при напоре на междренье, равном 1 м (определяется по формулам А.Н. Костякова, С.Ф. Аверьянова, В.М. Шестакова); h – глубина заложения дренажа (случай горизонтального дренажа); W_1 и W_2 – соответственно влагозапасы корнеобитаемой зоны в начале и в конце расчетного интервала; O_c – используемые атмосферные осадки; E_c – суммарное испарение; M – количество поливной воды, поступившей в корнеобитаемую зону за интервал $\Delta\tau$.

Система уравнений (8)...(9) связывает между собой изменение влажности корнеобитаемой зоны, колебание уровней грунтовых вод и позволяет рассчитывать баланс влаги в корнеобитаемой зоне, баланс грунтовых вод, водообмен между грунтовыми водами и корнеобитаемой зоной за некоторый интервал.

Балансовый метод более универсальный, он применим для любого интервала времени (в основном используется декада, месяц, сезон год). Приходные и расходные статьи баланса, как правило, измеряются в м³/га, в метрах или миллиметрах слоя воды. Уравнение водного баланса для осушаемого массива или его части записывается в следующем виде [2,6,7]:

$$\Delta W = P + M + \Phi + p - E - D_p + (\bar{P} - \bar{O}) + (\underline{P} - \underline{O}), \quad (13)$$

где $\Delta W = W_2 - W_1$ – изменение запасов влаги (на поверхности почвы, в зоне аэрации и в грунтовых водах) за расчетный период; W_1 и W_2 – запасы влаги соответственно в начале и конце расчетного периода; P – атмосферные осадки; M – оросительная норма; Φ – фильтрационные потери из оросительной сети; p – водообмен грунтовых вод с подземными (межпластовыми) водами; E – суммарное испарение; D_p – дренажный сток; $\bar{P}$ и $\bar{O}$ – поверхностный приток и отток воды; $\underline{P}$ и $\underline{O}$ – приток и отток грунтовых вод;

Для раскрытия взаимосвязи атмосферных, почвенных и грунтовых вод составляют частные уравнения водного баланса, позволяющие более полно оценить тип водного питания объекта мелиорации.

Для поверхности почвы –

$$\Delta W_n = P + M - E_e - B_n + (\overline{P} - \overline{O}), \quad (14)$$

для зоны аэрации (или корнеобитаемого слоя) –

$$\Delta W_a = B_n - E + g, \quad (15)$$

для грунтовых вод –

$$\Delta W_z = (\underline{P} - \underline{O}) - g + \Phi - D_p + p. \quad (16)$$

Входящие в эти уравнения дополнительные элементы имеют следующие обозначения:

$\Delta W_n, \Delta W_a, \Delta W_z$ – изменение запасов воды соответственно на поверхности почвы, в зоне аэрации и грунтовых водах за рассматриваемый промежуток времени; E_e – испарение с водной поверхности; B_n – количество впитавшейся в почву воды; g – влагообмен корнеобитаемого слоя почвы с грунтовыми водами (положительное значение – вверх, отрицательное – вниз).

Из уравнения (28) можно определить значение дренажного стока (D_p):

$$D_p = (\underline{P} - \underline{O}) - g + \Phi - \Delta W_z + p \quad (17)$$

Балансовый метод, как частное выражения закона сохранения вещества и энергии, является одним из самых надежных. Но его использование серьезно ограничивается трудоемкостью измерения основных его приходных и расходных статей.

Гидрологический метод. Одним из надежных методов расчета водного режима мелиорируемых земель является гидрологический метод. Наиболее совершенные программы расчета по последовательно сменяющимся интервалам времени (от предпосевного периода до уборки урожая) предложены В.Ф. Шебеко [11].

Глубина грунтовых вод в начале расчетного периода должна определяться на основе водно-балансовых расчетов для весеннего периода (при отсутствии такого расчета поверхность грунтовых вод принимается совпадающей с поверхностью земли).

Отводимый дренажем слой воды следует вычислять по следующим формулам:

а) для не затопляемых весенними паводками участков

$$W = H_0(1 - K_c) + \mu h_0 - et \quad (18)$$

б) для затопляемых участков

$$W = H_e + \mu h_0 - et \quad (19)$$

в) при проверке расстояний между дренами (каналами) по формулам установившейся фильтрации

$$W = \sum \varepsilon t - \mu(H_0 - h_0) - \varepsilon t_0 \quad (20)$$

г) для расчета расстояний на освобождение расчетного слоя почвы от избыточной воды

$$W = H_e + \mu h_0 - et_0, \quad (21)$$

где W – слой отводимой воды, м; H_c – запас воды в снеге 10%-ной обеспеченности к началу таяния, м; H_e – слой воды, оставшейся после снеготаяния и стока по поверхности в микропонижениях (при отсутствии наблюдений и организованном стоке принимается равным 0,01...0,02 м); K_c – коэффициент стока талых вод, значения которого принимают в зависимости от уклона (i) поверхности: при $i < 0,01$ $K_c = 0,6$; при $i = 0,01...0,05$ $K_c = 0,75$; при $i > 0,05$ $K_c = 0,95$; t_0 – время, сут (t_0 не всегда равно t , если нет обоснования в различии этих отрезков времени, то условно принимается $t = t_0$); μ – коэффициент водоотдачи (безразмерная величина); e – интенсивность испарения за время t_0 , м/сут (если $t_0 < 10$ сут то с некоторым запасом в расстоянии между дренами следует принимать $e = 0$); ε –

интенсивность инфильтрации в грунтовые воды (ε равно средней интенсивности ε_0 осадков, когда влажность почвы близка к ППВ; при меньшей влажности $\varepsilon \neq \varepsilon_0$ и зависит от полевой влагоемкости почвы, которую при отсутствии фактических данных следует принимать равной (0,6...0,5) ПВ); h_0 – норма понижения УГВ (норма осушения соответствующего периода).

Экспериментальный метод или *метод гидрологического мониторинга* отличается проведением натурных регулярных систематических измерений объемов дренажного стока на мелиоративно-болотных стационарах. При этом применяется прямое измерение объемным способом, когда фиксируется объем дренажного стока (V) за конкретный промежуток времени (t). Тогда расход определяется, как:

$$Q = \frac{V}{t}, \quad (22)$$

где Q – расход дренажного стока, л/с; V – объем дренажных вод в (л), собранных в мерный сосуд за время t (с).

В случае подтопленных дренажных устьев прямое измерение становится невозможным и используется другой способ, когда с помощью индикаторов (красителей, радиоизотопов и др.), специальных микровертушек или же многоканальных измерителей (например, немецкий «Наутилус» и др.) измеряется скорость течения воды (v , м/с) в коллекторе. Зная площадь внутреннего сечения коллектора (f_k , см²), расход дренажного стока в л/с можно определить по формуле:

$$Q = 10^{-1} v f_k \quad (23)$$

При известной площади дренажного модуля (F_{dp}), в устье коллектора которого измеряется сток, можно рассчитать модуль дренажного стока (q , л/с·га):

$$q = \frac{Q}{F_{dp}} = \frac{V}{t F_{dp}} \quad \text{или} \quad q = \frac{v f_k}{10 F_{dp}} \quad (24)$$

В основных регионах осушения СССР велись такие наблюдения и накоплен значительный материал, который, к сожалению, не всегда доступен, кроме того, не обладает универсальной репрезентативностью, что приводит к ошибкам в случае использования таких данных в других условиях. С другой стороны, накопленные значительные данные по дренажному стоку на мелиоративных стационарах в полной мере не обобщены, что затрудняет их использование в мелиоративной и природоохранной практике.

Метод аналогий широко применяется в общей гидрологии суши и болот. Он может быть успешно использован и при разработке СКИОВО. Суть метода аналогий состоит в использовании данных, полученных в результате гидрологического мониторинга конкретного мелиоративного объекта для характеристики другого, близкого по свойствам объекта. Объект мониторинга (объект-аналог) по существенным природно-хозяйственным свойствам и качествам, а также по продолжительности наблюдений, должен быть типичным для определенного ландшафта или водосбора. При подборе аналогов учитываются следующие условия: географическая близость, сходство климатических факторов, однотипность почв, гидрогеологических (глубина водоупора, проводимость водоносного пласта) и гидрологических (озерность, заболоченность, залесенность, распаханность) условий. Площадь сравниваемых водосборов не должна отличаться более чем в 10 раз. В отношении объектов мелиорации переувлажненных земель особую важность приобретают *тип водного питания и способ осушения и увлажнения*.

Принцип гидрологической аналогии используется при расчетах основных гидрологических характеристик поверхностного, подземного и дренажного стоков в случае отсутствия или недостаточности гидрометрических данных для объектов проектирования (мелиорации, гидротехнического строительства, рекультивации, природообустройства), а также для удлинения гидрологических рядов. К таким характеристикам в общем случае относятся обеспеченные значения расходов и уровней воды, модулей стока.

При проведении расчетов водного режима при шлюзовании и дождевании должны в максимальной мере использоваться результаты местных (региональных) научных исследований по влагообмену между почвой, зоной аэрации и грунтовыми водами на мелиорируемых землях. Для ориентировочных расчетов дренажные модули стока рекомендуются принимать равными: 0,5 – на тяжелых, 0,6 – на легких почвах и 0,7 л/с га – на низинных болотах.

При проектировании осушительной сети осушительно-увлажнительных систем расчетные модули стока должны приниматься в зависимости от типа использования земли, так как разные сельскохозяйственные культуры относятся по-разному к переувлажнению земель. Максимальные значения расчетных модулей стока принимаются для застраиваемых территорий, затем для технических и овощных культур, полевых культур и минимальные для лугов и пастбищ. Для определения расчетных модулей стока проводится обработка данных наблюдений за расходами и уровнями воды на речных гидрометрических постах района мелиорации.

Если отсутствуют данные наблюдений или срок их ограниченный, проводится сопоставление расчетных модулей стока (вычисленных по региональным формулам, рекомендуемым научными организациями) с модулями стока в подобных, аналогичных условиях (по топографии, размерам площади водосборного бассейна, почвенно-гидрогеологическим условиям, залесенности и заболоченности, распаханности водосбора).

Расчетными периодами года в зависимости от характера планируемого сельскохозяйственного использования являются: весенний максимальный талых вод, летне-осенний паводковый, предпосевной и бытовой периоды.

В зависимости от характера использования осушаемых земель, удельного веса занимаемых основных культур и типа осушаемой сети (открытая, закрытая) на основании технико-экономических расчетов должна определяться для крупных массивов (площадью более 2000 га) расчетная обеспеченность расходов воды. Для небольших массивов она принимается равной 5...15 % для зерновых, 1...5 % для технических, овощных культур и садов, 10...20 % для сенокосов.

Подземное питание болот повышает среднегодовой сток и незначительно сказывается на максимальных расходах половодий. Среднегодовые модули дренажного стока с повышением интенсивности подземного питания возрастает с 0,1 до 0,4...0,5 л/с га, максимальные модули стока для всех болот не превышают 0,7...0,8 л/с га. Лишь при выходе в каналы родников модули стока могут быть до 3...4 л/с га.

Расчетный модуль дренажного стока q (л/с^{га}) составляет: для глин, тяжелых и средних суглинков 0,4...0,5; для легких суглинков и супесей 0,6; для песков и низинных торфяников 0,7...0,8. При осушении болот интенсивного подземного питания модуль стока может составлять 0,9...1,2 л/с^{га}.

Площадь увлажнения дренажными водами

Для повышения степени утилизации дренажных вод нами предложена инновационная технология гидромелиоративного рециклинга [9]. Она позволяет утилизировать дренажные воды и содержащиеся в них ингредиентные загрязнители путем увлажнения осушаемых земель. Определение оптимального объема накопительных емкостей и площади увлажнения дренажными водами определяется с учетом объемов дренажного стока. Степень загрязнения дренажных вод устанавливается в процессе эколого-мелиоративного мониторинга.

В зависимости от типа водного питания осушаемых земель, степени аккумуляирования дренажных вод следует выделять три вида гидромелиоративного рециклинга.

- *Оперативный рециклинг*, когда для увлажнения используется актуальный дренажный сток в режиме реального времени без применения накопительных емкостей, суточное регулирование или недельное регулирование (устраиваются емкости суточного или недельного регулирования) преимущественно рекомендуются в условиях грунтового и грунто-напорного ТВП); увлажняемая площадь в этом случае определяется из соотношения:

$$F_{увл}^{опер} = 8,64 \frac{F_{ос}}{m_{бр}} \sum_1^{t_{мин}} q_i t_i \quad (25)$$

- *Сезонный рециклинг*, когда сток весеннего периода (предпосевного-посевого) накапливается в прудах-накопителях (или других емкостях) и используется для увлажнения в будущие засушливые периоды вегетационного периода этого же года (преимущественно рекомендуется для грунтово-атмосферного и намывного ТВП); увлажняемая площадь в этом случае увеличивается и определяется из следующего соотношения:

$$F_{увл}^{сез} = 8,64 \frac{F_{ос}}{M_{бр}} \sum_1^{t_{сез}} q_i t_i \quad (26)$$

- *Многолетний гидромелиоративный рециклинг*, когда аккумулируется дренажный сток влажных лет и используется для увлажнения в вегетационные периоды будущих засушливых лет (преимущественно рекомендуется для атмосферного и склонового ТВП); увлажняемая площадь определяется соотношением:

$$F_{увл}^{мн} = 8,64 \frac{F_{ос}}{M_{бр}} \sum_1^{t_2} q_i t_i \quad (27)$$

В вышеприведенных формулах приняты следующие обозначения:

$F_{увл}^{опер}$, $F_{увл}^{сез}$ и $F_{увл}^{мн}$ – площадь увлажнения дренажными водами при оперативном, сезонном и многолетнем регулировании стока, га; $F_{ос}$ – площадь осушения (водосбора) мелиоративного модуля (системы), га; $m_{бр}$ – поливная (разовая) норма увлажнения, мм; $M_{бр}$ – сезонная (оросительная) норма увлажнения брутто, мм; q_i – модуль дренажного i -го периода, л/с га; t_i – продолжительность i -го периода, сут; $t_{мин}$ – продолжительность минимального межполивного интервала, сут; $t_{вес}$ – продолжительность предпосевного-посевого периода стока; t_2 – продолжительность заполнения накопительных емкостей при многолетнем регулировании.

Для проверки приведенных расчетных зависимостей (25)...(27) использованы данные выполненных нами натурных исследований на мелиоративных стационарах Мещерской низменности. Площадь водосбора стационара «Вожа» в 18,5 раз превышает площадь осушения. В острозасушливый год оперативный рециклинг надежно обеспечивает увлажнение 29...46% осушаемой площади. Расчет сезонного регулирования стока для условий острозасушливого года для минимального зарегистрированного модуля стока 0,03 л/с га показывает, что только майского объема стока при его аккумулировании с избытком хватает для увлажнения всей осушаемой площади «Вожа» при размере оросительной нормы 1500 м³/га.

В засушливый вегетационный период на стационаре «Тинки-2», площадь водосбора которой в 9,5 раз превышает площадь осушения, дренажными водами при условии обеспечения санитарного расхода в магистральном канале можно увлажнять 28...67 % осушаемой площади при возделывании картофеля, 26...62 % при возделывании капусты, а в случае выращивания многолетних трав потенциальная увлажняемая площадь в 1,5...3,7 раза больше площади осушения. В условиях сезонного рециклинга с увлажнением всей осушаемой площади, как показывают расчеты по формуле (26), достаточно аккумулирования стока за период с третьей декады апреля до конца мая.

Полученные результаты говорят о гидрологической надежности реализации гидромелиоративного рециклинга в условиях Мещерской низменности на осушаемых болотах с грунтовым и грунтово-намывным ТВП. При грунтово-напорном ТВП модуль дренажного стока существенно выше (до 2 л/с га на стационаре «Кальское»), повышается и гидрологическая надежность не только сезонного, но и оперативного рециклинга.

Второй важный вывод состоит в том, что водооборотные гидромелиоративные системы, реализующие многолетний рециклинг в условиях отмеченных ТВП (грунтового, грунтово-намывного) и при соотношении площади водосбора к площади осушения более 10:1, с гидрологической точки зрения, не целесообразны, как и в случае грунтово-напорного ТВП вне зависимости от степени осушенности водосбора.

ВЫВОДЫ

Анализ методов определения дренажного стока для целей разработки модельной части технологии утилизации дренажных вод и схем комплексного использования и охраны водных объектов говорит о необходимости учета гидрологической изученности водных объектов и типов водного питания земель. Как показывает практика, чаще используется несколько методов, что позволяет избежать грубых ошибок. При разработке СКИОВО необходимо располагать данными не только объемов дренажного стока, но и качества дренажных вод, что требует восстановления мелиоративно-болотных стационаров и расширения объемов эколого-мелиоративного мониторинга в типичных природно-хозяйственных условиях.

Предложена инновационная технология гидромелиоративного рециклинга и разработаны расчетные зависимости для определения площади увлажнения осушаемых земель дренажными водами, что обеспечивает повышение степени утилизации дренажных вод, снижает риски загрязнения природных водоемов и полностью или частично исключает водозабор природных вод для целей дополнительного увлажнения. Проверка технологии в условиях мелиоративно-болотных стационаров Мещерской низменности подтвердила ее гидрологическую надежность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аверьянов С.Ф.* Расчет понижения и подъема грунтовых вод при осушении системой каналов (дрен) // Гидротехника и мелиорация. 1957. №12. С. 49–61.
2. *Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н.* Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации). М.: Агропромиздат, 1990. 60 с.
3. Гидрологические расчеты при осушении болот и заболоченных земель/Под ред. К.Е. Иванова. Л.: Гидрометеиздат, 1963.
4. *Ивицкий А.И.* Основы проектирования и расчетов осушительных и осушительно-увлажнительных систем. Минск: Наука и техника, 1988.
5. *Клиперт В.И.* Осушение болот напорного питания гончарным дренажем. Автореф. дисс ...канд. техн. наук. Минск, 1968. 22 с.
6. *Костяков А.Н.* Основы мелиораций. 6-е изд., доп. и перераб. М.: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
7. *Маслов Б.С.* Гидрология торфяных болот. М: Россельхозакадемия, 2009. 266 с.
8. Мелиоративные системы и сооружения. СНиП 2.06.03.85. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1985. 199 с.
9. *Пыленок П.И.* Гидромелиоративный рециклинг. Научное обоснование, технология, экология. - LAPLAMBERTAcademicPublishing, 2018. 258 с.
10. Руководство по проектированию осушительных систем сельскохозяйственного назначения ВТР-П-8-76. М.: Союзводпроект, 1976. 139 с.
11. *Шебеко В.Ф.* Водохозяйственные расчеты при мелиорации переувлажненных земель. Минск:БелНИИМиЛ, 2000. 312 с.
12. *Шкиннис Ц.Н.* Проблемы гидрологии дренажа. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 348с.
13. *Янголь А.М.* Нормы дренажного стока для проектирования и эксплуатации закрытого дренажа // Осушение болотных и заболоченных почв. Минск: Изд-во Академии сельскохозяйственных наук БССР, 1960. С. 347–360.
14. *Casteel D.A., Mecum J., Tring I.M.* Filed drainage. Principles and practices. London: Ministry of agriculture, Fisheries and Food. 1984. 250p.
15. *Farr E., Henderson W.C.* Land Drainage-London, New York: Longman, 1986. 251 p.

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ТЕНДЕНЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ БЕЛАЯ (БАССЕЙН КАМЫ)

Решетняк О.С.

Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: o.reshetnyak@gidrohim.com

Ключевые слова: качество воды, антропогенная нагрузка, источники загрязнения, река Белая (бассейн Камы), тенденции изменения качества воды

В данной работе рассматривается динамика качества воды реки Белой (бассейн Камы). Приведены природно-климатические, гидрологические, гидрохимические особенности реки, а также основные источники загрязнения. За многолетний период представлена изменчивость качества воды, степени ее загрязненности и указаны критические показатели загрязнения воды. Динамика качества воды реки Белая рассмотрена для верхнего, среднего и нижнего течения. Выявлено, что качество воды р. Белая меняется от 3-го класса разряд «б» («очень загрязненная») до 4-го класса разряд «а» («грязная») с тенденцией незначительного ухудшения качества воды на большинстве исследуемых участках водотока. Критическими показателями загрязнения воды в большинстве случаев являются соединения марганца.

LONG-TERM VARIABILITY AND TRENDS IN WATER QUALITY OF THE BELAYA RIVER (THE KAMA RIVER BASIN)

Reshetnyak O.S.

Hydro/chemical Institute of Roshydromet, Rostov-na-Donu, Russia

e-mail: o.reshetnyak@gidrohim.com

Keywords: water quality, anthropogenic load, pollution sources, Belaya river (Kama river basin), trends in water quality

The paper examines the dynamics of water quality in the Belaya River (the Kama basin). The natural and climatic, hydrologic, hydro/chemical characteristics of the river as well as the main sources of pollution are described. The variability of water quality, the degree of water pollution and critical indicators of water pollution are indicated over a long-term period. The dynamics of water quality in the Belaya River is considered for the upper, middle and lower reaches. The water quality of the Belaya River White is revealed to vary from class 3, category “b” (“very polluted”) to class 4, category “a” (“dirty”), with a tendency to a slight deterioration in water quality at the most of the watercourse sections studied. Manganese compounds are mostly critical indicators of water pollution.

ВВЕДЕНИЕ

Продолжающееся ухудшение состояния окружающей среды, деградация природных экосистем, а также возникновение негативных тенденций в экономическом развитии и медленные ответные действия общества привели к реальной опасности экологического бедствия. Усиление антропогенной нагрузки и ухудшение качества воды может происходить за счет поступления заметных количеств загрязняющих веществ с речным стоком, смыва с водосборной территории, а также за счет глобальных процессов загрязнения окружающей среды [1, 2]. Высокая антропогенная нагрузка – это одна из причин экологического неблагополучия водоемов и водотоков на территории России. К тому же несовершенство системы ее экологического нормирования не позволяет снизить антропогенное воздействие.

Как известно, химический состав воды формируется под влиянием совокупности природных и антропогенных факторов, соотношение которых значительно различается для водосборных бассейнов. В современных условиях влияния человеческой деятельности на водные ресурсы антропогенный фактор становится определяющим. Поэтому наблюдаются значительные многолетние и сезонные колебания химического состава воды. Это, в первую очередь, отражается и на качестве водных ресурсов, трансформация которых усиливается в последние десятилетия под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Антропогенная деятельность на водосборе приводит не только к прямому загрязнению водных объектов, которые являются источниками питьевого водоснабжения, но и косвенно влияет на изменение условий формирования химического состава водного объекта и состояние водных экосистем в целом.

Ухудшение качества воды и истощение водных ресурсов происходит не только за счет прямого поступления в водные объекты широкого спектра химических веществ, но и из-за преобразования поверхностного водосбора, диффузного стока растворенных и взвешенных частиц, изменения путей и скорости миграции химических веществ в ландшафтах. При этом в водные объекты со сточными водами попадают в огромных количествах как вещества естественного происхождения, так и соединения, несвойственные природным водам, что приводит к нарушению гидрохимического режима и загрязнению рек [1]. Крупные реки России являются источником обеспечения населения питьевой водой и используются для промышленного водоснабжения, сельскохозяйственного и рыбохозяйственного водопользования.

Все вышесказанное обуславливает актуальность исследования динамики качества воды реки Белая, испытывающей высокую антропогенную нагрузку и являющейся наиболее загрязненным притоком реки Кама.

Цель работы – провести оценку многолетней динамики качества воды р. Белая и выявить основные тенденции его изменения.

Объекты исследования: различные участки реки Белая (бассейн Камы) в пунктах наблюдений в пределах верхнего (ст. Шушпа, г. Белорецк, ниже г. Мелеуз), среднего (ниже г. Салават, ниже п. Прибельский и ниже г. Стерлитамак) и нижнего течения (ниже гг. Уфа, Благовещенск, Бирск и ниже поселка Дюртюли).

Исследование проведено на основе многолетней (2008-2016 гг.) гидрохимической информация Государственной системы наблюдений (ГСН) Росгидромета, а также данных режимно-справочного издания ФГБУ «Гидрохимический институт» – Ежегодников качества поверхностных вод РФ [3].

Комплексная оценка степени загрязненности и качества воды водных объектов в России проводится с использованием интегрального показателя – удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) [4], который представляет собой комплексный относительный показатель степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. При расчете значений УКИЗВ учитывается не только кратность превышения ПДК (отношение содержания отдельных элементов и соединений к их предельно-допустимым значениям), но и частота повторяемости случаев превышения ПДК (комплексность загрязнения). Таким образом, в основе метода лежит сочетание дифференцированного и комплексного способов оценки качества воды.

Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большому значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах, пунктах и т.д. Шкала оценки качества воды по значениям УКИЗВ позволяет классифицировать поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности. Большей степени загрязненности воды комплексом загрязняющих веществ соответствует больший номер класса качества [4].

Природно-климатические условия в бассейне реки Белая

Белая (приток Камы) – река на Южном Урале и в Предуралье; левый и самый крупный приток Камы. Протекает по территории Башкортостана, а также по границе с Татарстаном. Самая длинная река в Башкортостане. Длина р. Белой составляет 1430 км. Площадь водосборного бассейна – 142 000 км² [5].

Река Белая является основной водной артерией Республики Башкортостан и притоком р. Волги второго порядка. Естественные многолетние и сезонные колебания химического состава водотока определяются комплексом природных факторов на водосборе и формируются в умеренном климатическом поясе с резко континентальным характером климата, что обуславливает значительные внутригодовые колебания температуры воздуха. Уральские горы затрудняют поступление западных воздушных масс, несущих влагу с Атлантического океана, в пределы Сибири, создавая тем самым благоприятные условия для выпадения осадков в Предуралье. Средняя годовая температура воздуха меняется по территории бассейна в значительных пределах: от 2,5-2,8 °С в южном и центральных районах Предуралья до 0,6°С в горных районах. Самый холодный месяц года – январь, самый жаркий – июль [6].

В направлении, противоположном повышению температуры, происходит увеличение годового количества осадков. Наибольшее количество осадков выпадает на высоких хребтах и склонах гор – до 750-800 мм и более, наименьшее на крайнем юге – 400-500 мм. При этом основная часть осадков (60-70 % годовой суммы) выпадает в теплый период года – с апреля по октябрь.

Питание реки, главным образом, снеговое. Средний годовой расход воды у г. Бирска 858 м³/с. Река замерзает, как правило, во второй половине ноября, вскрывается – в середине апреля. Около 60 % годового стока проходит во время весеннего половодья (в среднем 75 дней). Средняя дата начала половодья: 10 апреля, окончания: 23 июля. Во время половодья мутность достигает 900 мг/дм³ (в остальное время около 50 мг/дм³) [5].

В бассейне реки Белая преобладают черноземы (2/3 территории водосбора), в меньшей степени распространены горные почвы. По химическому составу почвы характеризуются высоким содержанием и слабой подвижностью гумуса, пониженной биологической активностью, тяжелым механическим составом, карбонатностью почвообразующих пород. Более половины (60%) равнинных земель водосборного бассейна освоены под пашню, естественная растительность замещена сообществами культурных и сорных растений. Также значительную часть водосбора занимают территории связанные с хозяйственной деятельностью человека (промышленные площадки и отвалах пустой породы вокруг горнодобывающих предприятий и др.) [6].

Антропогенная нагрузка в бассейне реки Белая

Благоприятное географическое положение, наличие разнообразных природных ресурсов (залежи цветных металлов, железной руды, нефти, угля, торфа, лесные массивы и гидроресурсы) обуславливают перспективы промышленного развития в бассейне реки Белая. Поверхностные воды бассейна расположены на территории Республики Башкортостан, частично в Челябинской и Свердловской областях и Пермском крае. Размещение на территории бассейна водоемких отраслей промышленности, таких как энергетика, нефтехимия, нефтепереработка и др., предопределило высокую степень использования водных ресурсов и высокую антропогенную нагрузку.

Качество поверхностных вод в бассейне р. Белая формируется под влиянием природных факторов, поступления сточных вод промышленных объектов, поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий, смыва с территорий предприятий, населенных пунктов и пр. Большое влияние на поверхностные водные объекты оказывают топливно-энергетический комплекс, жилищно-коммунальное хозяйство, химический,

металлургический и машиностроительный комплексы. На территории бассейна расположены города Стерлитамак, Салават, Уфа, Нязепетровск, Михайловск, Красноуфимск, Златоуст, Благовещенск, Бирск, Белорецк и др. [7].

Основным приемником сточных вод предприятий республики Башкортостан является р. Белая. Основную нагрузку на водоток в настоящее время оказывают предприятия химической и нефтехимической промышленности (90,9 % составила доля этих отраслей промышленности в сбросе загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты в 2016 г.) и жилищно-коммунального хозяйства (5,1 % соответственно) [7].

Со стоками этих водоемких производств в речную сеть сбрасываются нефтепродукты, взвешенные вещества, соединения азота, ПАВ, хлориды, сульфаты, фосфор, соединения железа, меди, никеля, хрома и цинка, фенолы и др. [6].

Основную долю в массе загрязняющих веществ составляют: хлориды – 68,0 %, кальций – 19,0 % и сульфаты – 6,3 %. Сброс загрязняющих веществ в речную сеть осуществляется крупными промышленными предприятиями и центрами, наибольший вклад приходится на промышленную зону и инфраструктуру г. Стерлитамак. Наиболее крупными по массе сброса загрязняющих веществ в р. Белую источниками являются: ОАО «Сода» (73,6 % от массы сброса по республике), ЗАО «Каустик» (10,4 %), МУН «Уфаводоканал» (4,6 %), ОАО «Уфахимпром» (2,8 %), ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» (около 1,0 %) [7].

В пределах водосборов рек урбанизированных территорий дополнительная нагрузка на водные объекты происходит за счет выпадений из атмосферы загрязняющих веществ, аккумулированных над территорией населенных пунктов, поверхностного смыва выпавших на водосборную площадь жидких и талых снеговых осадков, а также за счет вторичного загрязнения водных объектов в результате подпитки из подземных горизонтов загрязненными грунтовыми водами или перехода в водную толщу загрязнений, сорбированных донными отложениями, загрязнение от водного транспорта [6].

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО ДЛИНЕ РЕКИ БЕЛАЯ

Качество воды в верхнем течении реки Белая

На основе анализа многолетних данных (2008-2016 гг.) государственной наблюдательной сети Росгидромета проведена оценка изменчивости качества воды по длине реки Белая. Использованы класс качества воды (ККВ) и степень загрязненности.

В пункте наблюдений р. Белая ст. Шушпа качество воды меняется от 3-го класса разряд «б» («очень загрязненная») до 4-го класса разряд «а», что соответствует степени загрязненности (СЗ) воды – «грязная» (табл. 1). Значения УКИЗВ меняются в пределах от 3,18 до 4,72. Критическими показателями загрязнения (КПЗ) воды в данном пункте наблюдений являются соединения марганца и реже никеля.

В пункте наблюдений у г. Белорецк качество воды стабильно высокое и соответствует 4-му классу разряда «а» («грязная») (табл. 1). Значения УКИЗВ меняются в пределах от 4,20 до 5,30. В разряд КПЗ воды на данном участке реки также входят соединения марганца и никеля.

Далее ниже по течению качество воды реки белая несколько улучшается и в ниже г. Мелеуз характеризуется 3 классом разряд «б» («очень загрязненная») (табл. 1). При этом значения УКИЗВ меняются в пределах от 2,91 до 4,58. КПЗ воды на данном участке реки является марганец.

Качество воды в среднем течении реки Белая

В пункте наблюдений на р. Белая ниже г. Салават качество воды меняется от 3-го класса разряд «б» («очень загрязненная») до 4-го класса разряд «а», что соответствует

степени загрязненности (СЗ) воды – «грязная» (таблица 2). Значения УКИЗВ меняются в пределах от 3,35 до 4,93. КПЗ воды на данном участке реки является марганец.

В пункте наблюдений ниже поселка Прибельский качество воды чаще всего характеризуется 4 классом разряд «а», что соответствует степени загрязненности воды – «грязная» (табл. 2). Значения УКИЗВ меняются в пределах от 3,38 до 5,62. Периодически в разряд КПЗ воды на данном участке реки входит марганец.

На участке реки Белая ниже г. Стерлитамак качество воды стабильно высокое и соответствует 4-му классу разряда «а» («грязная») (таблица 2). При этом значения УКИЗВ варьируют от 4,43 до 5,79. КПЗ воды являются соединения марганца.

Табл. 1. Характеристики качества воды верхнего течения реки Белая (бас. Камы)

Год	ст. Шушпа		г. Белорецк		г. Мелеуз, ниже города	
	ККВ	СЗ воды	ККВ	СЗ воды	ККВ	СЗ воды
2008	3Б	очень загрязненная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная
2009	4А	грязная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная
2010	3Б	очень загрязненная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная
2011	3Б	очень загрязненная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная
2012	4А	грязная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная
2013	4А	грязная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная
2014	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2015	4А	грязная	4Б	грязная	3Б	очень загрязненная
2016	4А	грязная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная
КПЗ	марганец (ежегодно), никель (2016)		марганец (ежегодно), никель (2015)		марганец (периодически)	

Табл. 2. Характеристики качества воды среднего течения реки Белая (бас. Камы)

Год	г. Салават, ниже города		п. Прибельский, ниже поселка		г. Стерлитамак, ниже города	
	ККВ	СЗ воды	ККВ	СЗ воды	ККВ	СЗ воды
2008	3Б	очень загрязненная	4А	грязная	4А	грязная
2009	3Б	очень загрязненная	4А	грязная	4А	грязная
2010	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2011	3Б	очень загрязненная	4А	грязная	4А	грязная
2012	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2013	3Б	очень загрязненная	4А	грязная	4А	грязная

2014	4А	грязная	3Б	очень загрязненная	4Б	грязная
2015	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2016	3Б	очень загрязненная	4Б	грязная	4А	грязная
КПЗ	марганец (периодически)				марганец (ежегодно)	

Качество воды в нижнем течении реки Белая

В пунктах наблюдений на р. Белая ниже г. Уфа, ниже г. Благовещенск и ниже поселка Дюртюли качество воды синхронно меняется от 3-го класса разряд «б» («очень загрязненная») (в 2009 и 2011 гг.) до 4-го класса разряд «а», что соответствует степени загрязненности (СЗ) воды – «грязная» (табл. 3). Значения УКИЗВ меняются в пределах от 3,34 до 4,84 ниже города Уфа, от 3,45 до 4,82 – ниже города Благовещенск и от 3,29 до 4,93 – на участке ниже п. Дюртюли.

На участке реки Белая ниже г. Бирск качество воды также варьирует между 3-им классом разряд «б» («очень загрязненная») и 4-ым классом разряд «а» («грязная») (таблица 3). При этом значения УКИЗВ варьируют от 3,39 до 4,93. Критическим показателем загрязненности воды в нижнем течении реки Белая являются соединения марганца.

Табл. 3. Характеристики качества воды в нижнем течении реки Белая (бас. Камы)

Год	г. Уфа, ниже города		г. Благовещенск, ниже города		г. Бирск, ниже города		п. Дюртюли, ниже поселка	
	ККВ	СЗ воды	ККВ	СЗ воды	ККВ	СЗ воды	ККВ	СЗ воды
2008	4А	грязная	4А	грязная	3Б	очень загрязненная	4А	грязная
2009	3Б	очень загрязненная	3Б	очень загрязненная	3Б	очень загрязненная	3Б	очень загрязненная
2010	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2011	3Б	очень загрязненная	3Б	очень загрязненная	3Б	очень загрязненная	3Б	очень загрязненная
2012	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2013	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2014	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2015	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
2016	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная	4А	грязная
КПЗ	марганец (2013-2016)		марганец (почти ежегодно)		марганец (2014-2016)		марганец (почти ежегодно)	

ТЕНДЕНЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ БЕЛАЯ

При рассмотрении изменчивости качества воды с использованием класса качества не всегда удается выявить четкие тенденции или вообще наличие тренда его изменения, особенно при вариациях разрядов внутри одного класса качества или двух соседних категорий качества воды. Поэтому, для выявления трендов, рассмотрена изменчивость качества воды на различных участках реки Белая по абсолютным значениям УКИЗВ за период 2008-2016 гг. Это позволило выявить тенденции изменения качества воды, особенно в тех случаях, когда класс качества воды не менялся из года в год. Графики изменения

значений УКИЗВ представлены на рисунках 1-3 для исследуемых участков по длине реки Белая.

Тенденции качества воды в верхнем течении реки приведены на рисунке 1. Как видно из графиков, во всех пунктах наблюдений по длине р. Белая, кроме пункта г. Мелеуз ниже города, наблюдается тенденция роста значений показателя (то есть повышение степени загрязненности воды) за многолетний период. На участке ниже г. Мелеуз можно наблюдать снижение значений УКИЗВ после 2014 г., что свидетельствует о незначительном улучшении качества воды в последние годы.

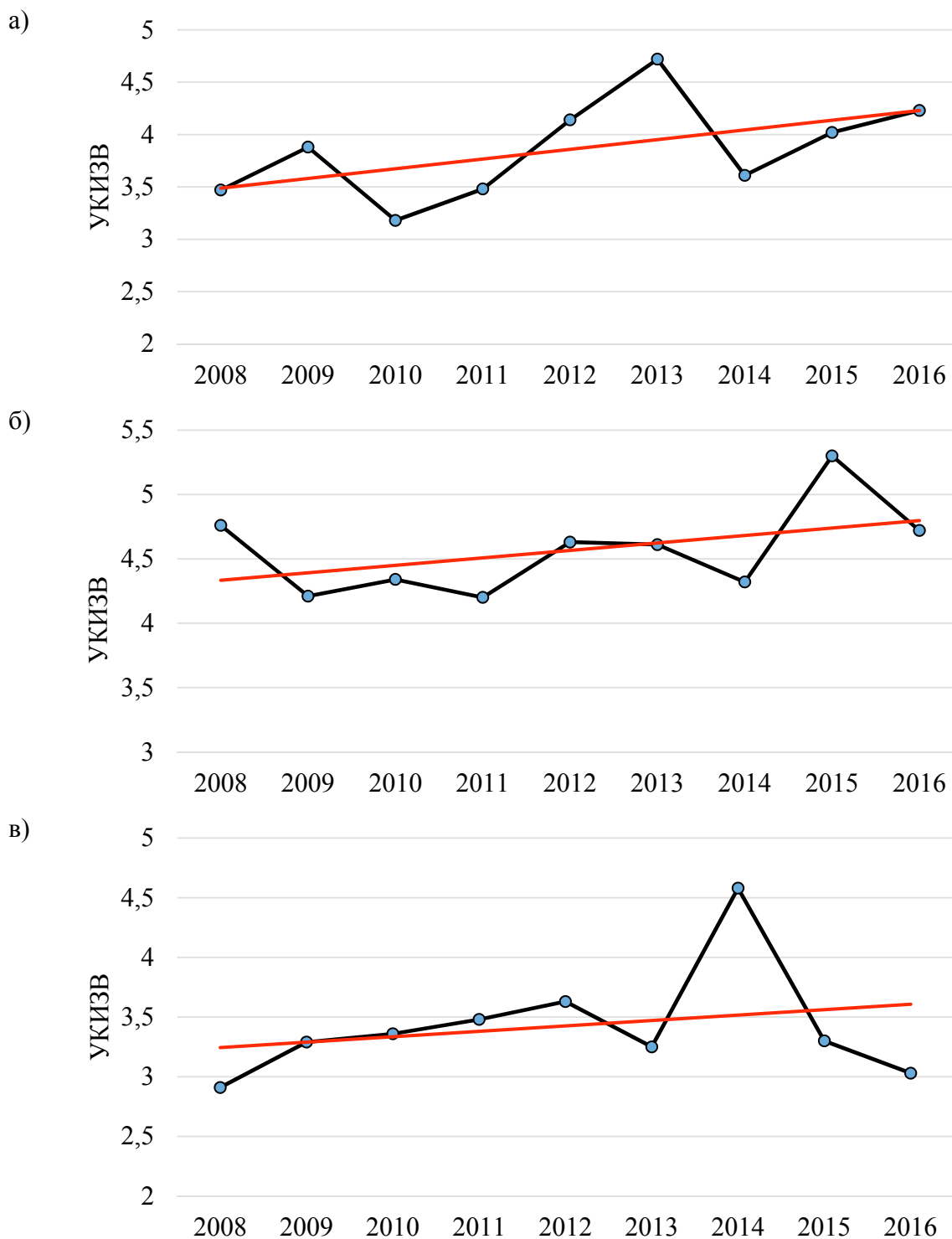


Рис. 1. Временная динамика значений УКИЗВ в верхнем течении реки Белая в пунктах наблюдений:
а – ст. Шушпа, б – г. Белорецк, в – ниже г. Мелеуз.

Для среднего течения реки Белая динамика качества воды представлена на рис. 2. Как видно из графиков, во всех пунктах наблюдений отмечается рост значений УКИЗВ, что говорит об ухудшении качества воды. В последние годы колебания значений показателя были более значительными. Стоит отметить, что в 2014 г. наблюдалось снижение значения УКИЗВ на участке реки ниже п. Прибельский, хотя в других пунктах наблюдений наблюдалось увеличение показателя.

Тенденции качества воды в нижнем течении реки Белая приведены на рис. 3 и 4. Кривые изменения УКИЗВ во времени синхронны для всех участков наблюдений в нижнем течении, кроме пункта в районе пос. Дюртюли. Как видно из представленных графиков, формируется тенденция к увеличению степени загрязнения воды за многолетний период.

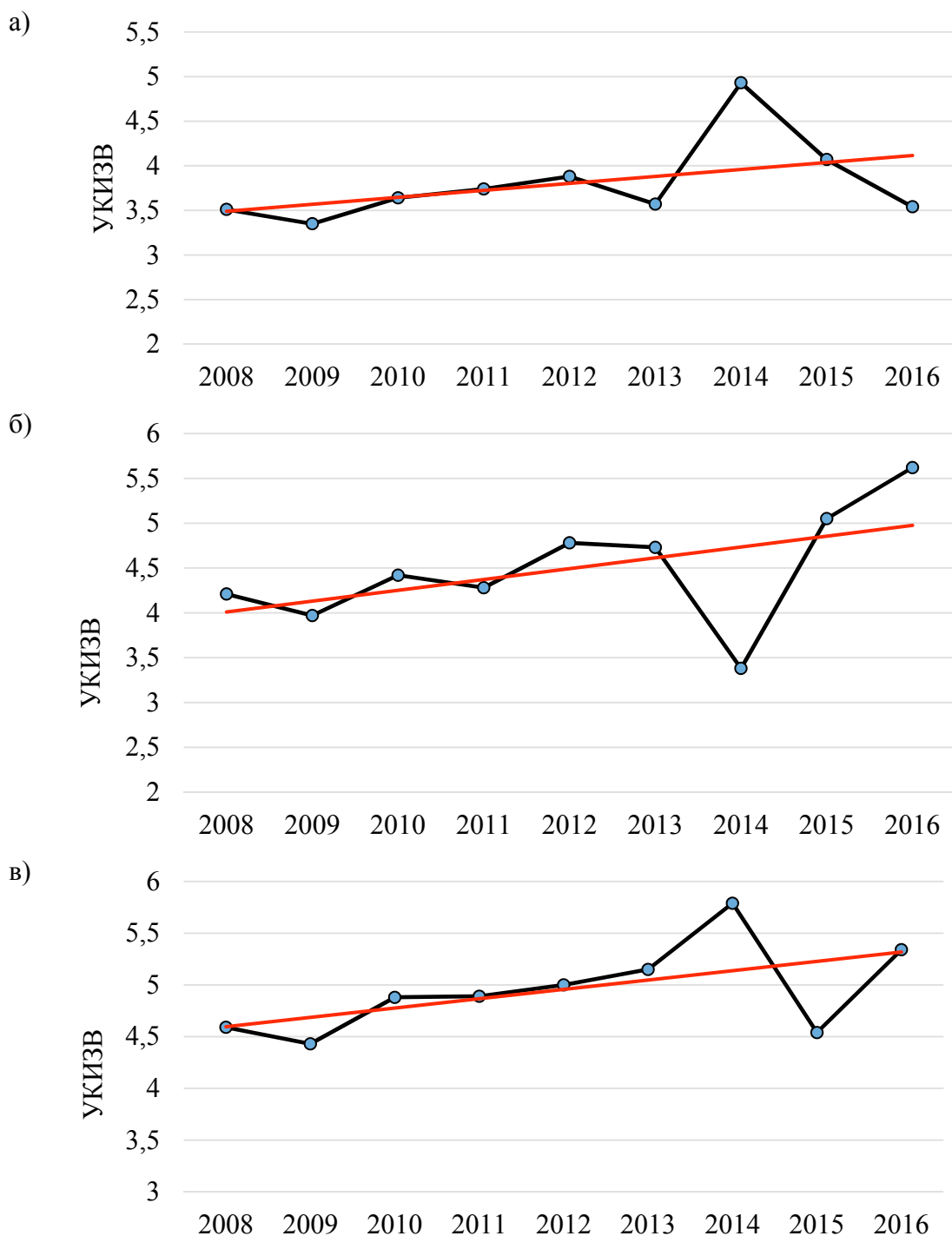


Рис. 2. Временная динамика значений УКИЗВ в среднем течении реки Белая в пунктах наблюдений:
а – ниже г. Салават, б – ниже п. Прибельский, в – ниже г. Стерлитамак

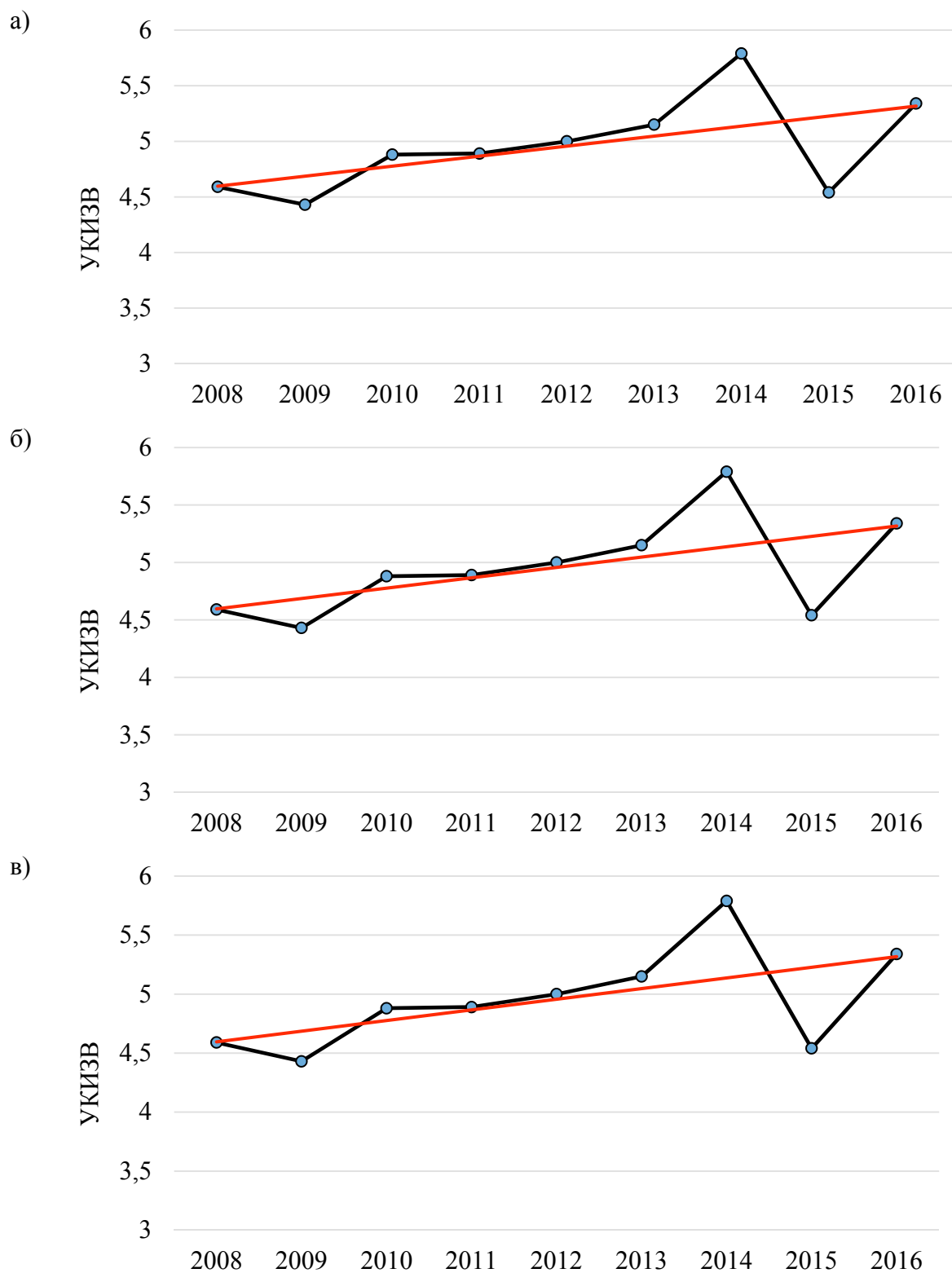


Рис. 3. Временная динамика значений УКИЗВ в нижнем течении реки Белая в пунктах наблюдений:
а – ниже г. Уфа, б – ниже г. Благовещенск, в – ниже г. Бирск.

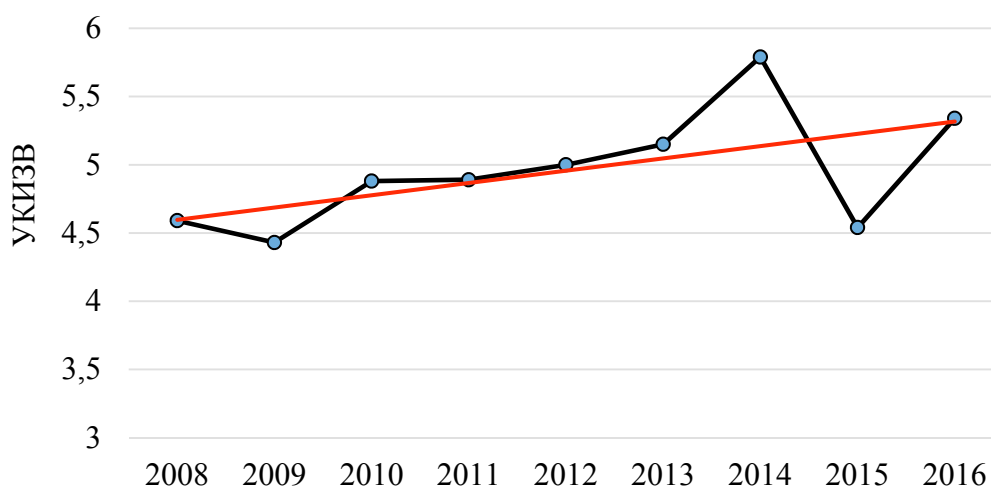


Рис. 4. Временная динамика значений УКИЗВ в нижнем течении реки Белая в районе пос. Дюртюли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Химический состав и качество речных вод в бассейне р. Белой формируются в условиях умеренного климата. Почвы отличаются высоким содержанием гумуса, что обуславливает высокое содержание органических веществ в поверхностных водах; слабой подвижностью питательных элементов, тяжелым гранулометрическим составом, высокой карбонатностью и низкой биологической активностью. Наличие многочисленных рудных месторождений на Урале создает условия для повышенного содержания в природных водах различных элементов.

На изменчивость качества воды р. Белая оказывает влияние сброс сточных вод предприятий химической и нефтехимической промышленности, пищевых производств и жилищно-коммунального хозяйства. Наиболее крупными источниками загрязнения по массе сброса загрязняющих веществ в р. Белую являются: ОАО «Сода», ЗАО «Каустик», МУН «Уфаводоканал», ОАО «Уфахимпром», ОАО «Салаватнефтеоргсинтез».

Такая антропогенная нагрузка приводит к формированию стабильно высокого уровня загрязненности воды (3-й и 4-й класс качества) и повышенному содержанию соединений марганца, железа, меди, нефтепродуктов, никеля и фенолов.

Почти во всех пунктах наблюдения по длине реки Белая за период исследований с 2008 по 2016 г. качество воды чаще всего характеризовалось 4-м классом разряда «а» («грязная»). Обобщение многолетних данных по изменчивости значений УКИЗВ позволило выделить общую тенденцию незначительного ухудшения качества воды в большинстве пунктов наблюдений по длине реки Белая. Также можно отметить, что в створах наблюдений ниже городов и поселков значение УКИЗВ, как правило, несколько выше, что указывает на более худшее качество воды и косвенно подтверждает влияние населенных пунктов. Особенно четко это проявляется в районе гг. Салават, Sterлитамак и Уфа.

Полученные результаты по оценке изменчивости качества воды р. Белая (бассейна Камы) имеют большую практическую значимость и могут быть использованы при разработке водоохраных мероприятий в регионе, решении вопросов сохранения и улучшения экологического состояния и качества воды реки Белая и ее притоков, а также для решения других практических задач в области управления качеством речных вод и развития водохозяйственного комплекса в бассейне реки. Выявленная тенденция к незначительному ухудшению качества воды на различных участках р. Белая говорит о необходимости проведения более детального контроля за сбросами сточных вод в речную сеть и разработки предложений по улучшению качества воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С.* Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций: Монография. Ростов-на-Дону: «НОК», 2012. 308 с.
2. *Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Кондакова М.Ю., Решетняк О.С.* Роль речного притока растворенных химических веществ в антропогенной трансформации состояния водной среды устьевой области р. Волга // Вода: химия и экология. № 7 2010. С. 6-12.
3. Ежегодники «Качество поверхностных вод РФ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gidrohim.com/node/44/> (дата обращения 01.02.2021)).
4. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / введ. 2002-12-03. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 49 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.Н. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 848 с.
6. *Фащевская Т.Б.* Оценка антропогенного воздействия на качество водных объектов (на примере р. Белой): дис. на соискание ученой степени кандидата географических наук: 25.00.36: защищена 2006. Уфа, 2006. 216 с.
7. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Башкортостан в 2016 году». Уфа, 2017. 315 с.

ЭКОТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ОТ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В РЕКИ

Селезнева А.В., Селезнев В.А.

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия
e-mail: seleznev53@mail.ru

Ключевые слова: река, антропогенная нагрузка, точечные источники, водный сток, региональные особенности, методика расчета.

Сброс сточных вод в реки оказывает негативное влияние на качество водных ресурсов. Существующие способы оценки антропогенной нагрузки от сброса сточных вод в реки не позволяют сравнивать между собой и ранжировать по степени нагрузки реки, отличающиеся по величине водосборной площади и расположенные в различных природных зонах. Автором разработана экологическая технология определения антропогенной нагрузки на реки от сброса загрязняющих веществ, которая учитывает водность рек и бассейновые особенности формирования качества водных ресурсов. Предлагаемый способ оценки позволяет определять интегральную и дифференцированную нагрузки по приоритетным загрязняющим веществам. Технология позволяет разложить нагрузку по отдельным составляющим (азотная, фосфорная, сульфатная, хлоридная и т.п.), провести нормирование нагрузки с учетом качества речных вод и оценивать приоритетность конкретных загрязняющих веществ. Технология апробирована на 12 реках России, расположенных в различных природно-климатических условиях и имеющих широкий диапазон величин водного стока от 10 до 600 км³/год. Результаты расчетов показали, что р. Волга испытывает наибольшую антропогенную нагрузку от сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод. Поэтому, в первую очередь, для р. Волги необходимо разрабатывать бассейновую программу поэтапного снижения антропогенной нагрузки и механизмы ее реализации.

ECOTECHNOLOGY FOR DETERMINING ANTHROPOGENIC LOAD CAUSED BY WASTE WATER DISCHARGE TO RIVERS

Selezneva A.V., Seleznev V.A.

Samara Federal Research Center RAS, Institute of Ecology of the Volga Basin RAS
e-mail: seleznev53@mail.ru

Keywords: rivers, anthropogenic load, point sources, water flow, regional features, calculation method.

The discharge of wastewater into rivers has a negative impact on the quality of water resources. The existing methods for assessing the anthropogenic load from wastewater discharge into rivers do not allow one to compare and rank according to the degree of load rivers that differ in the size of the catchment area and are located in different natural zones. The author has developed an ecological technology for determining the anthropogenic load on rivers from the discharge of pollutants, which takes into account the water content of rivers and basin features of the formation of the quality of water resources. The proposed assessment method allows one to determine the integral and differentiated load for priority pollutants. The technology makes it possible to decompose the load into separate components (nitrogen, phosphoric, sulfate, chloride, etc.), to standardize the load taking into account the quality of river waters and to assess the priority of specific pollutants. The technology has been tested on 12 rivers in Russia, located in different natural and climatic conditions and having a wide range of water flow values from 10 to 600 km³ /

year. The calculation results showed that the Volga River is experiencing the greatest anthropogenic load from discharge of pollutants as components of wastewater. Therefore, first of all for the Volga River it is necessary to develop a basin program for the gradual reduction of anthropogenic load and mechanisms for its implementation.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство рек на территории России испытывают чрезмерную антропогенную нагрузку и характеризуются неудовлетворительным качеством воды по ряду показателей [1, 2]. Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация складывается на участках рек, расположенных на урбанизированных территориях. При этом, многие реки являются источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также используются для рыбного хозяйства и рекреации.

Одна из основных причин сложившейся ситуации – негативное воздействие точечных источников загрязнения или сброс в реки сточных вод, содержащих загрязняющие вещества. В настоящее время объем сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты России, оценивается в $40,1 \text{ км}^3/\text{год}$. Вместе со сточными водами в реки поступает около 11×10^6 тонн загрязняющих веществ. Большая часть этой массы приходится на следующие загрязняющие вещества: хлориды – $6,3 \times 10^6$ т, сульфаты – $1,7 \times 10^6$ т, БПК – $131,9 \times 10^3$ т, азот аммонийный – $51,0 \times 10^3$ т, железа – $3,0 \times 10^3$ т, нефтепродуктов – $2,7 \times 10^3$ т, цинка – 213,9 т, меди – 27,0 т, фенолов – 21,2 т [3].

По территории России сбросы сточных вод распределены крайне неравномерно, а реки отличаются размерами водосборных территорий и геохимическими особенностями формирования качества вод. Для ранжирования рек по степени антропогенной нагрузки необходимы новые методологические подходы. Поэтому целью данной работы является разработка технологии, с помощью которой можно было бы сравнивать между собой реки по степени антропогенной нагрузки в независимости от площади бассейна и его расположения в различных географических зонах на территории России.

Количественная оценка антропогенной нагрузки на реки от сброса сточных вод является необходимым элементом при развитии системы мониторинга и управления качеством воды. Без детального изучения антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения невозможно выявление связей между массой сбрасываемых загрязняющих веществ в составе сточных вод и концентрациями химических веществ в воде водотоков. Кроме того, количественная оценка антропогенной нагрузки необходима при нормировании допустимого воздействия на реки, при разработке федеральных и региональных программ поэтапного снижения сброса загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод в реки – это один из видов антропогенной деятельности, который оказывает негативное влияние на качество природных вод [4]. Однако вид хозяйственной деятельности еще не является количественной оценкой антропогенной нагрузки. Для того чтобы определить величину нагрузки, необходимо сброс загрязняющих веществ связать с объектом воздействия посредством учета гидрологических и гидрохимических характеристик рек.

Теоретические основы оценки антропогенной нагрузки и ее влияние на формирование качества поверхностных вод были заложены в 60-х годах прошлого века [5]. Спустя 30 лет были разработаны методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод [6]. На региональном уровне оценивается антропогенное воздействие на р. Волга [7, 8], разрабатывается методология мониторинга и регулирования антропогенного воздействия на качество вод водохранилищ Волжско-Камского каскада [8]. Предлагается способ оценки пространственной неоднородности

антропогенной нагрузки по территории России [9-12]. Появляются нормативные документы по оценке антропогенной нагрузки на водные экосистемы [13]. Однако, в основном определяется не сама антропогенная нагрузка, а ее воздействие на поверхностные воды.

В настоящее время существуют различные подходы к оценке антропогенной нагрузки на реки от сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод. Чаще всего под «нагрузкой» понимается масса загрязняющих веществ, поступающих непосредственно в реку со сточными водами от береговых или русловых выпусков точечных источников загрязнения. При этом не учитываются ни параметры реки, ни их расположение в различных природных зонах и климатических условиях. В этом случае невозможно провести сравнительный анализ антропогенных нагрузок на реки, отличающиеся по величине водного стока и по условиям формирования природного качества вод.

Автор данной работы при определении антропогенной нагрузки на реки предлагает учитывать водный сток рек и фоновые показатели качества вод. В этом случае антропогенная нагрузка не остается постоянной при прочих равных условиях, а существенно зависит не только от массы загрязняющих веществ, поступающих в водохранилище, но и от межгодовой изменчивости водного стока и фоновых концентраций веществ в воде рек. В маловодные годы нагрузка будет увеличиваться при прочих равных условиях, а в многоводье снижаться.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Антропогенную нагрузку на реки от точечных источников загрязнения или сброса сточных вод (далее нагрузка) предлагается оценивать, с одной стороны, как нагрузку от объема сбрасываемых сточных вод, а с другой – как нагрузку загрязняющими веществами, содержащимися в составе сбрасываемых сточных вод.

Нагрузка от объема сбрасываемых сточных вод ($АН^1$) – это величина, характеризующая отношение объема сточных вод, сбрасываемых в реку, к водному стоку реки. Нагрузку сточными водами представим в следующем виде:

$$АН^1 = \sum_{j=1}^n q_j \div Q \times 100, \quad (1)$$

где $АН^1$ – нагрузка сточными водами (%); q_j – объем сточных вод, сбрасываемых в водосборный бассейн j -м точечным источником ($км^3$), где $j = 1, 2 \dots n$ – порядковые номера точечных источников загрязнения; Q – водный сток заданной обеспеченности ($км^3$).

Нагрузка сточными водами ($АН^1$) достаточно легко определяется и для ее расчета, как правило, всегда имеется необходимая информация. Однако она не учитывает загрязняющие вещества в составе сточных вод, сбрасываемых в реки, и ее целесообразно использовать на первом этапе анализа нагрузки.

Имея сведения о массе веществ, содержащихся в сточных водах, представляется возможным рассчитать составляющие антропогенной нагрузки по отдельным загрязняющим веществам. В данном случае дифференцированная нагрузка определяется как отношение массы конкретного загрязняющего вещества в составе сточных вод к водному стоку реки.

Антропогенную нагрузку от конкретного загрязняющего вещества ($АН^2$) представим в следующем виде:

$$АН_i^2 = \sum_{j=1}^n m_{ji} \div Q, \quad (2)$$

где $АН^2$ – дифференцированная нагрузка i -м загрязняющим веществом ($т/км^3$), где $i = 1, 2 \dots p$ – загрязняющее вещество в составе сточных вод; m_{ji} – масса i -го загрязняющего вещества в составе сточных вод j -го точечного источника ($т$). Для каждого j -го источника в

перечень загрязняющих веществ включаются минеральные и органические вещества, входящие в его государственную статистическую отчетность по форме 2ТП-(водхоз).

При таком подходе становится возможным разложить нагрузку по отдельным составляющим (азотная, фосфорная, сульфатная, хлоридная и т.п.) и оценивать приоритетность той или иной нагрузки для конкретной реки.

Для оценки нагрузки по нескольким приоритетным загрязняющим веществам целесообразно использовать интегральную нагрузку загрязняющими веществами ($АН^3$):

$$АН^3 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n m_{ji} \div Q. \quad (3)$$

Для учета различных природно-климатических условий при количественной оценке и сравнении между собой антропогенной нагрузки на реки предлагается использовать нормированную нагрузку отдельными загрязняющими веществами ($АН^4$):

$$АН_i^4 = АН_i^2 \div БДК_{i_i}. \quad (4)$$

где $АН^4$ – нормированная дифференцированная нагрузка i -ым загрязняющим веществом (безразмерная величина); $БДК_i$ – бассейновая допустимая концентрация i -го вещества.

Интегральную нормированную нагрузку загрязняющими веществами ($АН^5$) представим в следующем виде:

$$АН^5 = \sum_{i=1}^p АН_i^4. \quad (5)$$

Предлагаемый методологический подход позволяет по формулам (1)-(5) количественно оценивать и далее сравнивать между собой антропогенные нагрузки на реки, расположенные в различных природно-климатических условиях и имеющие широкий диапазон величин водного стока.

В зависимости от целей исследования расчеты антропогенной нагрузки на реки осуществляются по средним многолетним данным или по данным конкретного года. В качестве исходной информации необходимы данные о водном стоке реки, бассейновых допустимых концентрациях веществ в реке, объемах сточных вод, сбрасываемых в реку и о массе загрязняющих веществ, поступающих в реки в составе сточных вод.

О водном стоке рек имеется достоверная информация в гидрологической литературе:

- справочные издания «Гидрологические ежегодники», подготовка которых осуществлялась силами УГМС Гидрометслужбы СССР до 1979 г.;
- ежегодные кадастровые справочные издания «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, том 1, часть 1 «Реки и каналы», подготовленные и публикуемые УГМС Росгидромета, начиная с 1980 г.

Величина антропогенной нагрузки существенно зависит от межгодовой изменчивости водного стока реки (Q). Согласно формуле (1), при уменьшении Q в маловодные годы нагрузка будет увеличиваться, а в многоводные годы – уменьшаться при стационарном режиме водоотведения сточных вод. Например, средний многолетний водный сток р. Волги составляет 254 км^3 , наибольший – 329 км^3 , а наименьший – 166 км^3 . Следовательно, антропогенная нагрузка за счет межгодовой изменчивости водного стока реки, будет меняться в 2 раза.

Информация о качестве речной воды в обобщенном виде содержится в ежегодниках, выпускаемых Росгидрометом [1, 2]. Однако этого недостаточно для расчета бассейновых допустимых концентраций (БДК) по каждому загрязняющему веществу. В настоящее время

в открытом доступе получить необходимую информацию о концентрациях веществ в условно фоновых створах рек пока не представляется возможным.

За бассейновую допустимую концентрацию ($БДК_i$) принимается верхняя граница возможных средних значений концентраций i -го вещества, рассчитанная по данным мониторинга реки по следующей формуле [14]:

$$БДК_i = C_{\Phi i} + \sigma \times t_{St} \div n, \quad (6)$$

где $C_{\Phi i}$ – среднее значение концентрации i -го вещества в условно фоновом створе; t_{St} – коэффициент Стьюдента при $P=0,95$; n – число данных в градации; σ – среднее квадратичное отклонение, как показатель рассеяния членов ряда относительно среднего значения. $БДК_i$ определяются для реки или ее водохозяйственного участка в условно фоновых районах.

Среднее значение концентрации i -го вещества в условно фоновом створе ($C_{\Phi i}$) определяется по данным систематических наблюдений на реке вне зон локального загрязнения или прямого воздействия точечных источников [15]. Эта величина рассчитывается для определенного створа реки или водохозяйственного участка и является количественной характеристикой содержания веществ в данном створе реки. Концентрация в фоновом створе обусловлена как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды реки, так и общим влиянием всех точечных и диффузных источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа.

Данные об объемах сточных вод и массе загрязняющих веществ по каждому водопользователю (точечному источнику загрязнения) представлены в статистической отчетности по форме 2ТП - (водхоз). Существующая система учета сточных вод основана на предположении о стационарности водоотведения. В действительности, характерной особенностью водоотведения крупных городов является неравномерность сброса загрязняющих веществ в реки. При этом объемы сточных вод, как правило, меняются незначительно и находятся в пределах 15–20 %, а вот колебания концентраций химических веществ весьма велики и могут достигать десятки сотен процентов.

Анализ водоотведения крупных городов Средней и Нижней Волги свидетельствует, что отчетность по форме 2ТП - (водхоз) приводит приближенные данные об объеме сточных вод и о массе загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты. Такое положение обусловлено недостаточной периодичностью наблюдений за качеством сточных вод, ограниченностью спектра наблюдаемых показателей в сточных водах и неудовлетворительным оснащением приборами систем водоотведения. Снижает достоверность информации и то обстоятельство, что на промышленных предприятиях эти сведения подготавливаются внутренними службами и передаются в контролирующие органы, которые эпизодически должны проверять их достоверность. В силу названных причин, мы не располагаем полной и объективной информацией о количестве загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами в водотоки и, следовательно, весьма приближенно оцениваем фактическую антропогенную нагрузку.

Для апробации разработанной технологии определения антропогенной нагрузки в качестве объектов исследования выбраны 12 рек, которые расположены в различных географических зонах и существенно отличаются по длине (L) от 74 до 4338 км, по площади водосбора (S) от 37,4 до 2990 тыс. км². За исключением р. Терек все выбранные реки в соответствии с классификацией по размеру площади бассейна следует отнести к большим рекам, у которых S составляет более 50 тыс. км². Величина водного стока рек (Q) изменяется от 8,87 до 651 км³/год (рис. 1). Самый большой водный сток наблюдается у р. Енисей, а наименьший – у р. Урал.

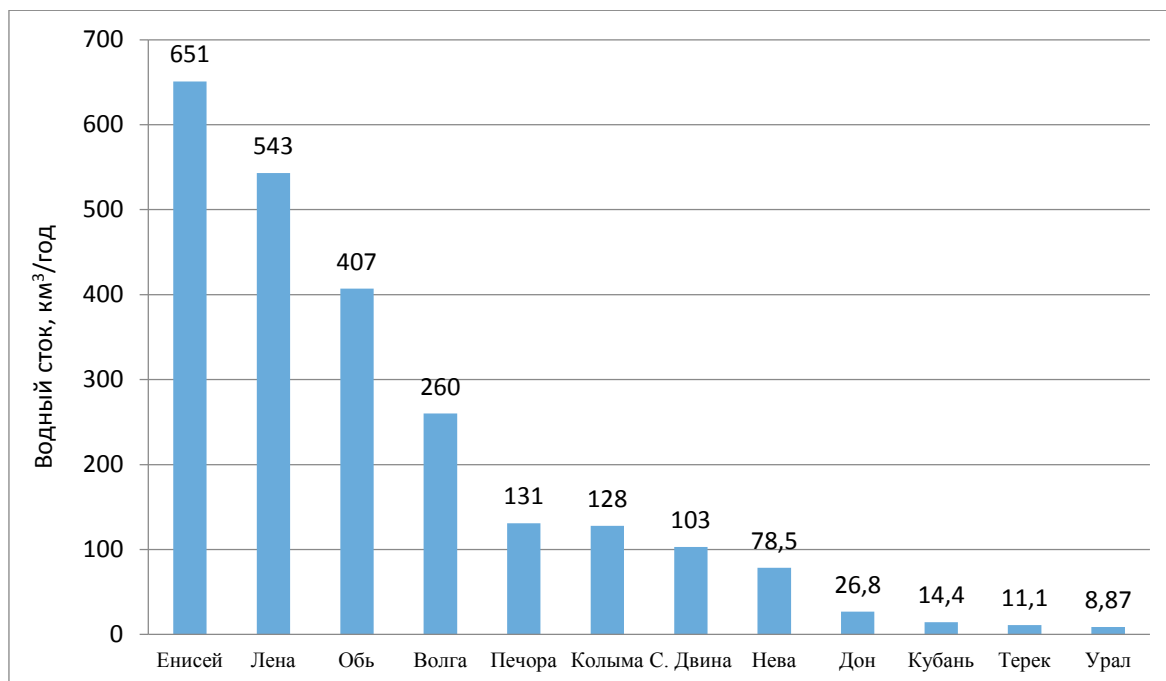


Рис. 1. Средний многолетний водный сток рек.

Данные по объему сточных вод в 1995 г. были использованы в качестве исходной информации для расчета по новой технологии. В этот год наблюдалась наибольшая величина водоотведения за последние 25 лет, а данные по объему и качеству сточных вод характеризовались как достоверные [16]. Количество сточных вод, поступивших в поверхностные водные объекты по всей России, составило 59,86 км³/год. Из них 59,4 % сброшено предприятиями промышленности, 22,9% – жилищно-коммунального хозяйства, 17,1 % – сельского хозяйства и 0,6 % – прочими отраслями.

Наибольшее количество сточных вод сброшено в бассейн р. Волги (18,05 км³/год), а наименьшее – в бассейн р. Колыма (0,091 км³/год) (табл. 1). Объем сточных вод составил в бассейне р. Волги – 30 %, Оби – 11,2 %, Дона – 7,4 %, Енисея – 5,3 %, Кубани – 5,2 %, Урала – 3,2%, Терека – 3,1% от объема сточных вод, сброшенных со всей территории России.

Результаты расчета антропогенной нагрузки от объема сбрасываемых сточных вод ($АН^1$) по формуле (1) показывают, что наибольшую нагрузку от объема, сбрасываемых сточных вод, испытывают реки, имеющие водный сток менее 30 км³/год (табл. 1), для которых $АН^1$ изменяется в пределах от 16,4 % (р. Дон) до 21,5 % (р. Кубань). Река Кубань имеет водный сток в размере 13,5 км³/год, а объем принимаемых сточных вод составляет 3,09 км³/год, что примерно соответствует объему сточных вод, сбрасываемых в бассейн р. Енисей с самым большим водным стоком на территории России.

Для остальных 8 рек величина $АН^1$ незначительна и не превышает 1,7 %. Исключение составляет нагрузка на р. Волгу, у которой $АН^1$ достигает 6,9 % (рис. 2). По величине $АН^1$ р. Волга занимает пятое место после рек Кубань, Урал, Терек и Дон. Среди рек с водным стоком более 250 км³/год р. Волга испытывает на себе наибольшую нагрузку сточными водами, которая больше в 4,2 раза, чем на р. Обь, в 14,2 раза, чем на р. Енисей, в 355 раз, чем на р. Лену. Годовой водный сток р. Волги составляет всего лишь 6 % общероссийского речного стока, тогда как годовой объем сточных вод, поступающих в бассейн р. Волги, достигает более 30 %.

Табл. 1. Характеристика основных рек и нагрузка на реки от объема сточных вод ($АН^1$)

№ п/п	Река	Длина рек (L), км	Площадь водосбора, (S), тыс. км ²	Водный сток реки (Q), км ³ /год	Объем сточных вод (q_i), км ³ /год	Нагрузка от объема сточных вод ($АН^1$), %
1.	Енисей	3844	2580,0	651	3,15	0,5
2.	Лена	4270	2490,0	543	0,12	0,02
3.	Обь	4338	2990,0	407	6,72	1,7
4.	Волга	3690	1380,0	260	18,05	6,9
5.	Печора	1814	322,0	131	0,467	0,36
6.	Колыма	2129	647,0	128	0,091	0,07
7.	С. Двина	750	357,0	103	0,926	0,90
8.	Нева	74	281,0	78,5	0,679	0,86
9.	Дон	1870	422,0	26,8	4,40	16,4
10.	Кубань	970	58,0	14,4	3,09	21,5
11.	Терек	623	37,4	11,1	1,87	17,0
12.	Урал	2530	236,0	8,87	1,90	21,4

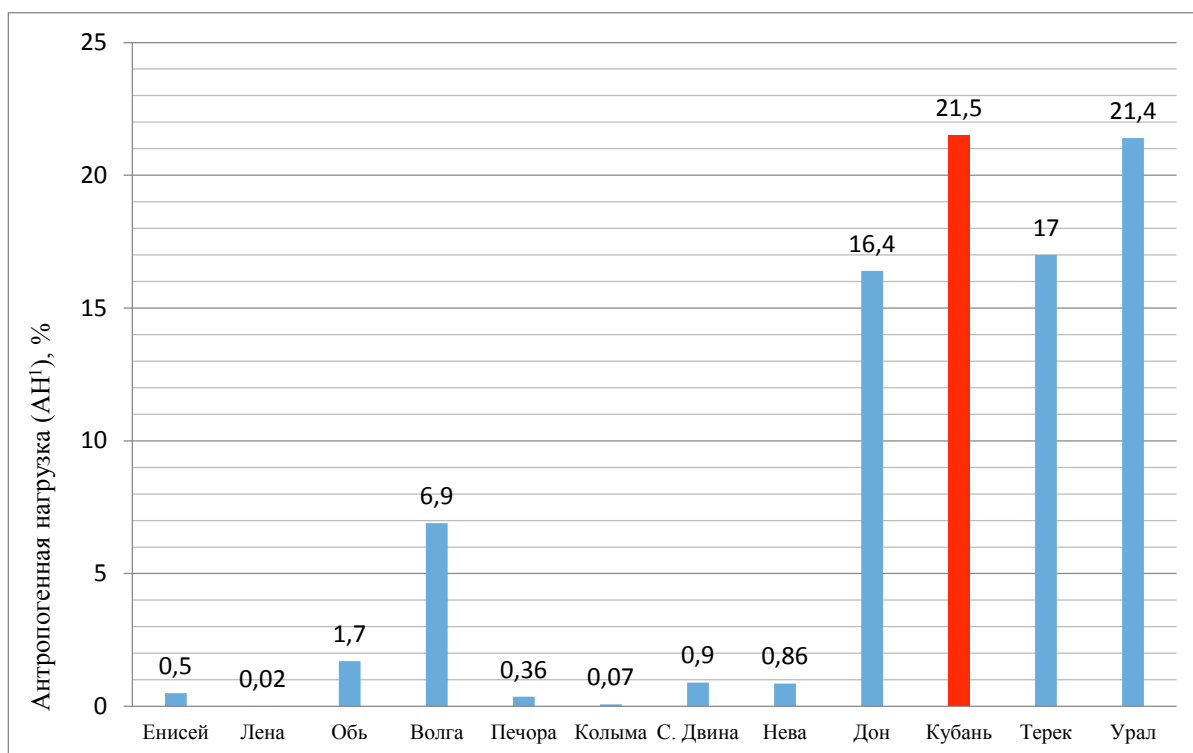


Рис. 2. Антропогенная нагрузка от объема сбрасываемых сточных вод ($АН^1$).

Расчеты антропогенной нагрузки от сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод проводились по 9 характерным веществам: хлориды (Cl^-), сульфаты (SO_4^{2-}), биологическое потребление кислорода (БПК_п); нефтепродукты (НП); фенолы (Ф); аммоний (NH_4^+), железо общее (Fe^{+2} , Fe^{+3}), медь (Cu) и цинк (Zn). На данном этапе при расчетах по формуле (4) вместо бассейновых допустимых концентраций (БДК) использованы рыбохозяйственные предельно допустимые концентрации (ПДК).

Результаты расчета дифференцированной антропогенной нагрузки отдельными загрязняющими веществами ($АН^2_i$) по формуле (2) показали, что р. Волга нагружена загрязняющими веществами больше других рек с водным стоком более 250 км³/год (Обь, Енисей, Лена). При этом нагрузка неодинакова по различным загрязняющим веществам (табл. 2). Например, нагрузка на р. Волгу больше, чем на реки Обь и Енисей: по азоту аммонийному – в 6 и 62 раз; нефтепродуктам – в 5 и 24 раз; фенолам – в 4 и 8 раз; сульфатам – в 8 и 23 раз; хлоридам – в 11 и 14 раз; общему железу – в 28 и 107 раз, меди – в 23 и 196 раз, цинку – в 8 и 37 раз, БПК – в 4 и 11 раз соответственно. И это понятно, так как наибольшая масса загрязняющих веществ поступает в бассейн р. Волги, это 20–80 % от всего сброса по России в зависимости от конкретного загрязняющего вещества.

Табл. 2. Дифференцированная ($АН^2_i$) и интегральная нагрузки ($АН^3$) нагрузки, т/км³

Река	$АН^2_i$									$АН^3$
	БПК _п	НП	Ф	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Fe ⁺² Fe ⁺³	Cu	Zn	
Енисей	52,5	0,9	0,013	199	476	8,73	0,82	0,010	0,049	738
Лена	0,8	0,1	0,000	3,9	2	0,26	0,03	0,000	0,003	7
Обь	138	4,1	0,026	576	610	86,10	3,10	0,087	0,237	1418
Волга	590	21,9	0,095	4485	6795	537	87,4	1,960	1,823	12520
Печора	14,6	0,4	0,001	143	74	2,73	0,32	0,003	0,008	235
Колыма	5,1	0,3	0,000	4,2	3	1,09	0,04	0,000	0,000	14
С. Двина	393	1,2	0,101	318	328	30,1	0,23	0,003	0,040	1070
Нева	324	5,0	0,041	200	280	43,5	8,17	0,178	0,713	862
Дон	836	22,1	0,008	17904	8929	120	13,6	0,285	0,498	27826
Кубань	267	8,2	0,011	4000	2104	58,2	8,70	0,300	1,26	6447
Терек	864	3,6	0,004	37227	66636	297	43,0	0,073	0,818	105072
Урал	356	9,9	0,073	4109	2614	91,1	11,3	0,297	3,17	7195

Особую тревогу вызывает загрязнение р. Волга нефтепродуктами, органическими и биогенными веществами. Нагрузка от сброса нефтепродуктов составила 21,9 т/км³, что в 5 раз больше, чем на р. Обь, в 24 раза, чем на р. Енисей, и в 219 раз, чем на р. Лену. Нагрузка аммонием составила 537 т/км³, что в 6 раз больше, чем на р. Обь, в 61 раз, чем на р. Енисей и в 2065 раз, чем на р. Лену.

Среди рек с водным стоком более 30 км³/год, но менее 100 км³/год (Северная Двина, Нева, Печора и Колыма) наибольшую нагрузку загрязняющими веществами ($АН^2_i$) испытывает р. Северная Двина, а наименьшую – р. Колыма. Нагрузка на р. Северную Двину больше, чем на р. Неву и р. Печеру: по БПК – в 1,2 и 26,9 раза; сульфатам – в 1,6 и 2,2 раза; хлоридам – в 1,2 и 4,4 раза; фенолам – в 2,5 и 101 раза, соответственно.

Среди рек с водным стоком менее 30 км³/год (Дон, Кубань, Урал и Терек) наибольшую нагрузку ($АН^2_i$) по большинству загрязняющих веществ испытывает р. Терек. Нагрузка на р. Терек больше, чем на р. Урал: по БПК – в 2,4 раза; сульфатам – в 9,1 раза; хлоридам – в 25,5 раза; аммонии – в 3,3 раза; железу общему – в 3,8 раза.

Результаты расчета интегральной нагрузки от загрязняющих веществ ($АН^3$) по формуле (3) показали, что среди рек с водным стоком более 250 км³/год, р. Волга испытывает наибольшую нагрузку, которая составляет 12520 т/км³ (рис. 3). Для сравнения $АН^3$ для р. Обь составила 1418 т/км³, для р. Енисей – 738 т/км³, для р. Лена – 7,1 т/км³. Интегральная нагрузка загрязняющими веществами на р. Волгу в 9 раз больше, чем на р. Обь, в 17 раз, чем на р. Енисей и в 1789 раз, чем на р. Лену.

Среди рек с водным стоком ($30 \text{ км}^3/\text{год} < Q < 100 \text{ км}^3/\text{год}$) наибольшую нагрузку (АН^3) испытывает р. Северная Двина (1070 т/км^3), а наименьшую – р. Колыма (13.8 т/км^3). Среди малых рек наибольшую АН^3 испытывает р. Терек (105072 т/км^3), а наименьшую – р. Кубань (6447 т/км^3).

Для р. Волга интегральная нагрузка (АН^3) составила 12520 т/км^3 и р. Волга занимает уже третье место после рек Терек и Дон, для которых АН^3 составила 105072 т/км^3 и 27826 т/км^3 , соответственно (рис. 3). Переход р. Волги с пятого на третье место свидетельствует, что концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в бассейн р. Волга, значительно больше, чем в сточных водах, поступающих в реки Урал и Кубань.

Результаты расчета нормированной дифференцированной нагрузки по отдельным загрязняющим веществам (АН^4_i) по формуле (4) показывают, что р. Волга занимает уже второе место по нагрузке нефтепродуктами и первое место по нагрузке аммонийным азотом (табл. 3). Величина АН^4_i существенно зависит от фоновых концентраций веществ в воде рек.

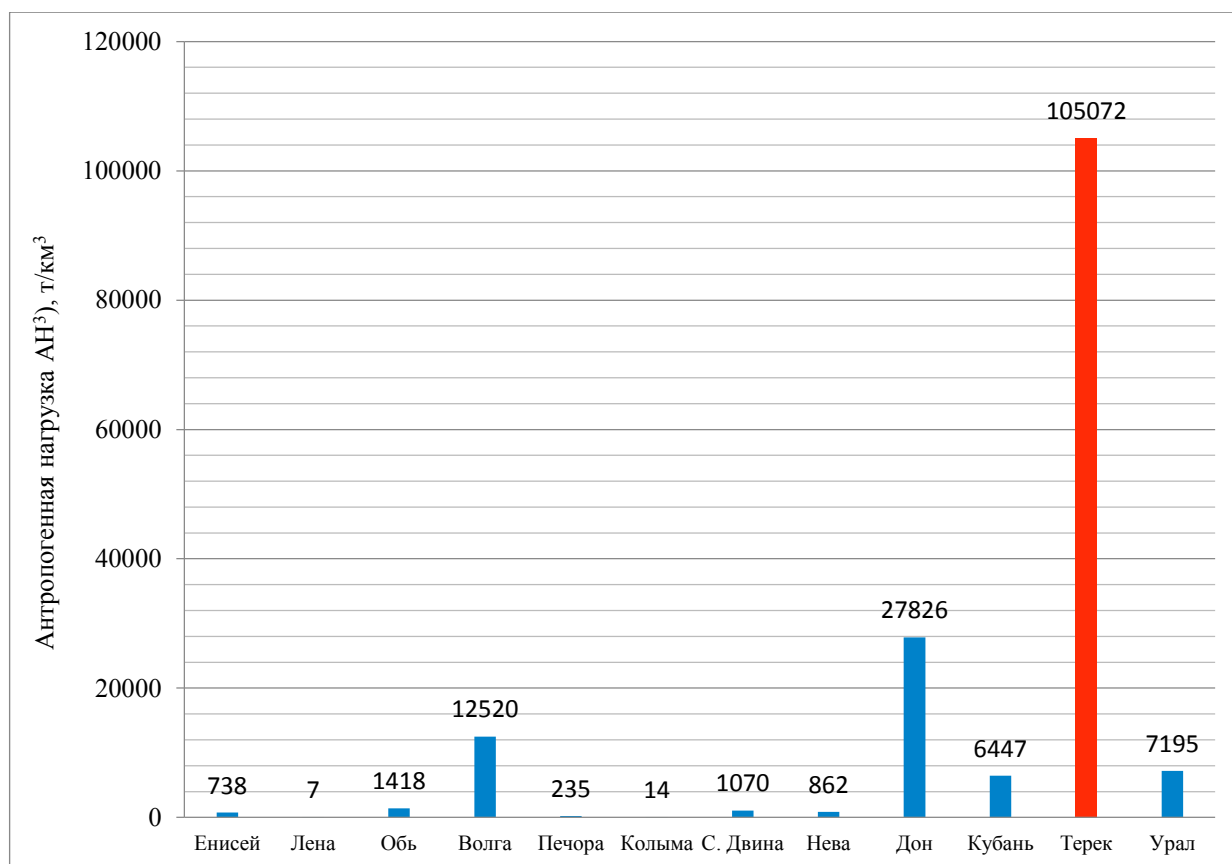


Рис. 3. Интегральная нагрузка на реки от сброса загрязняющих веществ (АН^3).

Результаты расчета интегральной нормированной нагрузки (АН^5) по формуле (5) показали, что среди 12 рек самую большую антропогенную нагрузку (4887) испытывает р. Волга (рис. 4). Нагрузка (АН^5) для р. Волги больше: в 10 раз, чем на р. Обь, в 53 раза, чем на р. Енисей и в 1405 раз, чем на р. Лену.

Совершенно очевидно, что, в первую очередь, для бассейна р. Волги необходимо разрабатывать программы поэтапного сокращения антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения и оперативно вводить реальные экономические и административно-правовые механизмы их реализации.

При использовании технологии определения составляющих антропогенной нагрузки, следует опираться на систематические данные гидрологического и гидрохимического мониторинга рек на локальном, территориальном и бассейновом уровне. Особые требования

необходимо предъявлять к достоверности сведений о точечных источниках загрязнения, полученных при регулярных наблюдениях за объемом и качеством сточных вод.

Табл. 3. Нормированные дифференцированная ($АН^4$) и интегральная ($АН^5$) нагрузки

Река	$АН^4 \times 10^3$									$АН^5 \times 10^3$
	БПК _п	НП	Ф	SO_4^{2-}	Cl^-	NH_4^+	Fe^{+2}, Fe^{+3}	Cu	Zn	
Енисей	17,5	18,0	13,0	1,99	1,59	17,5	8,2	10,0	4,9	92,6
Лена	0,27	2,0	0,0	0,04	0,007	0,5	0,34	0,0	0,3	3,48
Обь	46,1	82,0	26,0	5,76	2,03	172	31,0	87,0	23,7	475
Волга	196	438	95,0	44,9	22,7	1073	874	1960	182	4887
Печора	4,87	8,0	1,0	1,43	0,25	5,5	3,2	3,0	0,8	27,9
Колыма	1,70	6,0	0,0	0,04	0,01	2,2	0,4	0,0	0,0	10,3
С. Двина	130	24,0	101	3,18	1,09	60,1	2,3	3,0	4,0	330
Нева	108	100	41,0	2,00	0,93	87,1	81,7	178	71,3	670
Дон	279	442	8,0	179	29,8	240	136	285	49,8	1649
Кубань	88,9	164	11,0	40,0	7,02	116	87,0	300	126	940
Терек	288	72,0	4,0	372	222	594	430	73,0	81,8	2137
Урал	119	198	73,0	41,1	8,7	182	113	297	317	1349

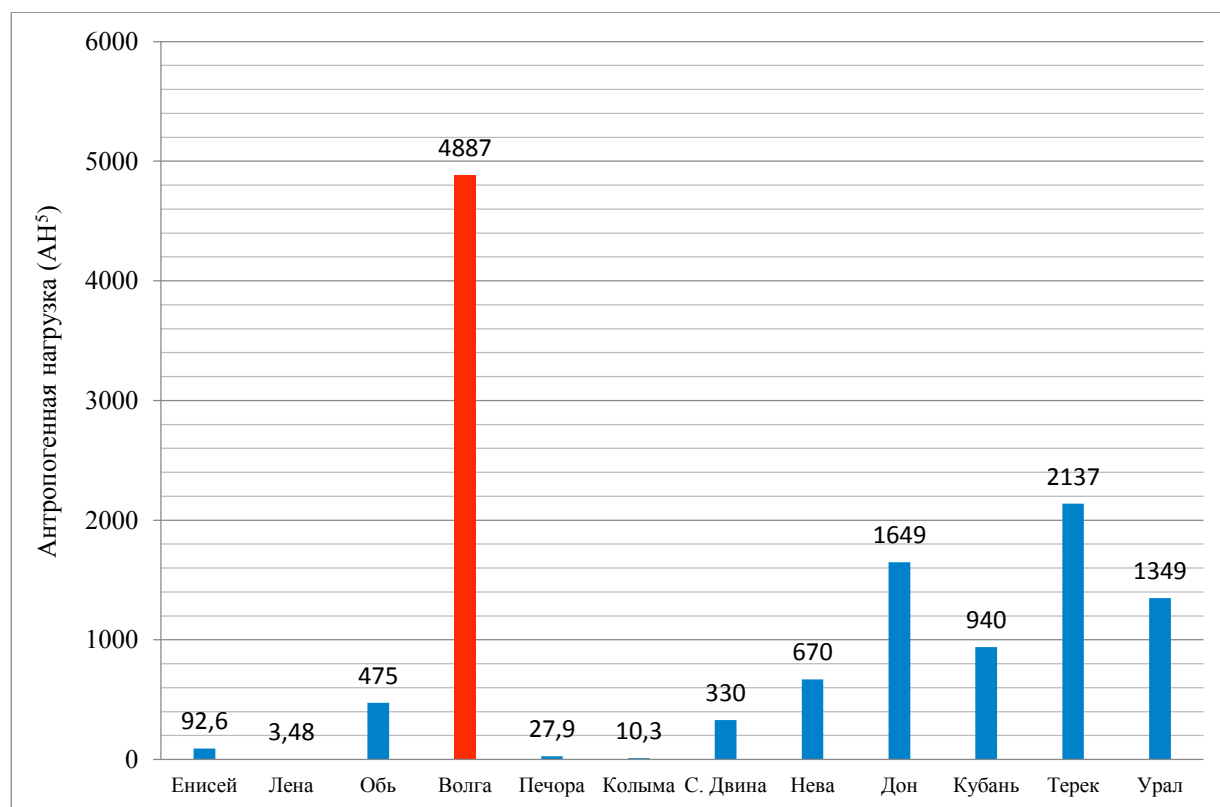


Рис. 4. Нормированная интегральная нагрузка ($АН^5$) от сброса загрязняющих веществ.

В дальнейшем по результатам расчета по предлагаемой технологии представляется возможным разработать классификацию и провести районирование рек России по величине дифференцированной и интегральной антропогенным нагрузкам. При охвате расчетами всех рек необходимо провести их ранжирование по величине антропогенной нагрузки с выделением приоритетных загрязняющих веществ в разрезе России, федеральных округов и субъектов РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана экологическая технология оценки и анализа антропогенной нагрузки на реки от сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод, которая позволяет сравнивать между собой реки, отличающиеся по величине водного стока и расположенные в различных природно-климатических условиях. Технологию можно использовать как для всей реки, так и для оценки антропогенной нагрузки на водохозяйственные участки рек, что позволит расставить приоритеты в схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИОВО) в отношении снижения антропогенной нагрузки на реки.

Адаптация технологии применительно к 12 рекам показала, что она позволяет ранжировать все реки России по величине дифференцированной и интегральной антропогенной нагрузки вне зависимости от размеров водосборной площади. При наличии данных о качестве речных вод становится возможным ранжировать реки по степени антропогенной нагрузки вне зависимости от расположения рек в различных природно-климатических условиях.

Результаты применения технологии показали, что среди 12 рек самую большую антропогенную нагрузку испытывает р. Волга. Интегральная нормированная нагрузка ($АН^5$) для р. Волга больше: в 10 раз, чем на р. Обь, в 53 раза, чем на р. Енисей и в 1405 раз, чем на р. Лену. Особую тревогу вызывает загрязнение р. Волги нефтепродуктами, органическими и биогенными веществами.

Совершенно очевидно, что, в первую очередь, для р. Волга необходимо разрабатывать бассейновую программу поэтапного снижения антропогенной нагрузки и внедрять эффективные механизмы её реализации в Волжском бассейне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2019. Ростов-на-Дону, Росгидромет. ГХИ. 2020. 578 с.
2. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации (приложение к ежегоднику). 2019. Ростов-на-Дону. Росгидромет. ГХИ, 2020. 150 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». М.: НИА–Природа, 2019. 290 с.
4. Антропогенное воздействие на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / отв. ред.: Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева. М.: Наука. 2003. 367 с.
5. *Чертинский С.Н.* Теоретические вопросы нормирования при одновременном загрязнении водоемов несколькими веществами // Гигиена и санитария. 1957. № 8. С. 3-9.
6. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / под ред. А.В. Караушева. Л.; Гидрометеиздат. 1987. 287 с.
7. *Селезнев В.А.* Антропогенное воздействие на качество вод водохранилищ Волги // В сборнике: Институт Экологии Волжского Бассейна РАН. Тольятти, 1997. С. 33-36.
8. *Селезнев В.А.* Методология мониторинга и регулирования антропогенного воздействия на качество вод водохранилищ Волжско-Камского каскада // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Нижний Новгород. 1999. 47 с.
9. *Селезнева А.В.* Пространственная неоднородность антропогенной нагрузки на реки // Экология и промышленность России. 2007. № 12. С. 24-27.
10. *Селезнева А.В.* От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН. 2007а. 107 с.

11. *Селезнева А.В.* Оценка техногенной нагрузки на водные экосистемы // В сборнике: Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Материалы VII Всероссийской конференции по водной экотоксикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова и школы-семинара Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки. Институт биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина РАН. 2020. С.166-169.
12. *Селезнева А.В., Селезнев В.А., Беспалова К.В., Афанасьев С.В.* Технология регулирования сброса загрязняющих веществ в реки // В сборнике: Инновации и "зеленые" технологии. Региональная научно-практическая конференция: сборник материалов и докладов. Составители Т.С. Кобзарь, С.В. Сердюкова. 2018. С. 39-45.
13. Р 52.24.819-2014 Оценка антропогенной нагрузки на речные экосистемы с учетом их региональных особенностей. Рекомендации. Ростов-на-Дону. ФГБУ "ГХИ". 2014. 35 с.
14. *Беспалова К.В.* Критерии нормирования антропогенной нагрузки с учетом природных особенностей водных объектов / В сб.: Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика). Материалы V Международной конференции молодых ученых. 2016. С. 209-216.
15. *Селезнев В.А., Селезнева А.В.* Оценка воздействия сточных вод Тольятти на качество вод Саратовского водохранилища // Водные ресурсы. 1999. Т. 26. № 3. С. 356-360.
16. Воды России (состояние, использование, охрана) 1995. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 1996. 103 с.

**ТОНКОСЛОЙНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА МАРГАНЦА НА
РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НОСИТЕЛЯХ ДЛЯ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ
РАДИЯ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ**

Семенищев В.С., Титова С.М., Оглезнева В.Ю., Куляшова Е.Н., Филинкова В.К.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: vovius82@mail.ru

Ключевые слова: радий, диоксид марганца, питьевая вода, сорбция.

В работе исследована возможность применения серии тонкослойных сорбентов, содержащих диоксид марганца на различных плоских полимерных носителях: полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), биаксиально-ориентированная полипропиленовая плёнка (БОПП), полиэтилентерефталат (ПЭТФ), триацетатцеллюлоза (ТАЦ). Показано, что все сорбенты достаточно хорошо извлекают радий из низкосолевых растворов, однако в случае высокосолевых растворов удельное содержание марганца на поверхности сорбента становится существенным фактором, влияющим на сорбцию радия. Наилучшие сорбционные свойства были характерны для сорбентов на основе ПЭ и ТАЦ. При этом из-за пористой структуры ТАЦ на сорбенте MnO_2 -ТАЦ происходила диффузия радия вглубь сорбента, что приводило к ухудшению энергетического разрешения получаемых альфа-спектров. Таким образом, наиболее перспективным сорбентом для анализа радия в природных водах был признан диоксид марганца на полиэтилене (MnO_2 -ПЭ).

**THIN-LAYER SORBENTS BASED ON MANGANESE DIOXIDE ON VARIOUS
POLYMER CARRIERS FOR ANALYSIS OF RADIUM IN NATURAL WATERS**

Semenishchev V.S., Titova S.M., Oglezneva V.Yu., Kulyashova E.N., Filinkova V.K.
First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
e-mail: vovius82@mail.ru

Key words: radium, manganese dioxide, drinking water, sorption

In this work, we studied the possibility of using a series of thin-layer sorbents containing manganese dioxide on various flat polymer supports: polyethylene (PE), polypropylene (PP), biaxially oriented polypropylene film (BOPP), polyethylene terephthalate (PET), cellulose triacetate (CTA). It was shown that all sorbents adsorb radium well from low-salt solutions; however, in the case of high-salt solutions, the specific manganese content on the sorbent surface becomes a significant factor affecting radium sorption of. The sorbents based on PE and CTA have shown the best sorption properties. At the same time, due to the porous structure of the CTA in the MnO_2 -CTA sorbent, radium diffused deep into the sorbent that led to a decrease of the energy resolution of the obtained alpha spectra. Thus, manganese dioxide on polyethylene (MnO_2 -PE) was recognized as the most promising sorbent for the analysis of radium in natural waters.

ВВЕДЕНИЕ

Диоксид марганца (MnO_2) – хорошо известный материал, который используется в качестве сорбента для отделения широкого спектра элементов от водных сред. В методах разделения диоксид марганца может использоваться непосредственно в виде порошкообразного осадка, однако обычно он образует очень мелкие осадки, что затрудняет его отделение от водной фазы и делает невозможным его использование при разделении в

режиме хроматографии. Поэтому был разработан ряд композиционных материалов, содержащих MnO_2 . Среди наиболее часто возможных связующих или матриц для диоксида марганца можно выделить SiO_2 , активированный уголь, альгинатные материалы, метилметакрилат, пенополиуретан, волокнистые материалы, ионообменные смолы, а также плоские пленки. С точки зрения анализа изотопов радия в природных водах, наиболее интересным вариантом являются тонкослойные сорбенты, нанесенные на плоские носители, поскольку благодаря своей форме они дают возможность измерять альфа-излучающие изотопы непосредственно в сорбенте. В качестве таких материалов известны сорбенты на основе полиамидных дисков. В данной работе исследована возможность сорбции радия на оксидномарганцевых сорбентах, синтезированных на ряде полимерных плоских носителей.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве носителей взяты наиболее распространенные плоские материалы – полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка (БОПП), полиэтилентерефталат (ПЭТФ), триацетатцеллюлоза (ТАЦ). Образцы были обезжирены промывкой в 1 М NaOH. В качестве исходного сырья для ТАЦ была взята черно-белая фотопленка. Фотоэмульсию и желатин с пленки триацетатцеллюлозы отмывали губкой с 2М раствором NaOH, после чего промывали дистиллированной водой. После очистки пленку ТАЦ сушили на воздухе при комнатной температуре. После предварительной подготовки пленки были выдержаны в кислом растворе перманганата калия, после чего отмыты дистиллированной водой до исчезновения розовой окраски в промывном растворе и высушены на воздухе при комнатной температуре. Во всех случаях концентрация $KMnO_4$ составляла 0,1 моль/л, исходное значение pH раствора находилось в диапазоне 1,5–1,7, при этом после синтеза значение pH повышалось незначительно, не более 0,1 ед.

Для определения содержания диоксида марганца образцы сорбентов известной площади выщелачивали 1М HCl в течение 1 недели до полного растворения диоксида марганца, наличие которого контролировали по цвету образца. Концентрацию марганца в полученном растворе определяли на масс-спектрометре NexION 350 (Perkin Elmer, США) без предварительной пробоподготовки. Полученный результат пересчитывали на удельное содержание диоксида марганца ($мкг/см^2$). Относительная погрешность определения концентрации марганца не превышала 4 %. Полученные значения содержания MnO_2 на поверхности носителей приведены в табл. 1.

Табл. 1. Содержание диоксида марганца на поверхности плоских носителей после экспозиции в растворе перманганата калия

Носитель	Содержание MnO_2 на поверхности носителя, $мг/см^2$
Полиэтилен (ПЭ)	12,5
Триацетатцеллюлоза (ТАЦ)	186,2
Полипропилен (ПП)	3,3
Биаксиально-ориентированный полипропилен (БОПП)	1,8
Полиэтилентерефталат (ПЭТФ)	3,8

Сорбционные эксперименты проводили с использованием препарата короткоживущего радия-223 ($T_{1/2} = 11,43$ сут), для получения которого был создан изотопный генератор на основе колонки с сорбентом Lewatite TP260, представляющий собой слабокислотный макропористый катионит с хелатными аминотетрафосфоновыми группировками. При этом

актиний-227 был сорбирован на колонке, а радий-223 десорбировали 0,01 М раствором соляной кислоты.

Поскольку при модифицировании полимерных пленок происходит нанесение слоя диоксида марганца с двух сторон, для проведения спектрометрических измерений было важно организовать процесс сорбции так, чтобы оказалась задействована только одна сторона сорбента. В 100-мл флакон заливали необходимый объем раствора. Под крышку флакона помещали диск образца тонкослойного сорбента на основе диоксида марганца, после чего крышку с образцом сорбента закручивали с таким расчетом, чтобы края диска строго ложились на горловину флакона и обеспечивали герметичность системы. При этом площадь доступной поверхности сорбентов во всех случаях составляла 4 см². Затем флакон с раствором и сорбентом переворачивали кверху дном, закрепляли магнитами на шейкере с регулируемой скоростью вращения, отмечали время начала сорбции и включали перемешивание. После завершения заданного времени контакта фаз шейкер останавливали, флакон с раствором и сорбентом переворачивали вниз дном, давали раствору стечь, извлекали образец сорбента, промывали его струей дистиллированной воды, сушили на воздухе в течение нескольких минут и измеряли на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 и на альфа-спектрометре Мультирад-АС. По альфа-спектрам проводили определение степени сорбции радия, а также энергетического разрешения альфа-спектра по величине полной ширины пиков на половине высоты (ШППВ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как правило, в случае неорганических сорбентов наиболее важной характеристикой, влияющей на сорбцию ионов, является значение pH раствора. На рис. 1 представлены зависимости степени сорбции радия от pH на сорбенте MnO₂-ТАЦ. В эксперименте объем раствора составлял 20 мл, время сорбции – 1 неделя.

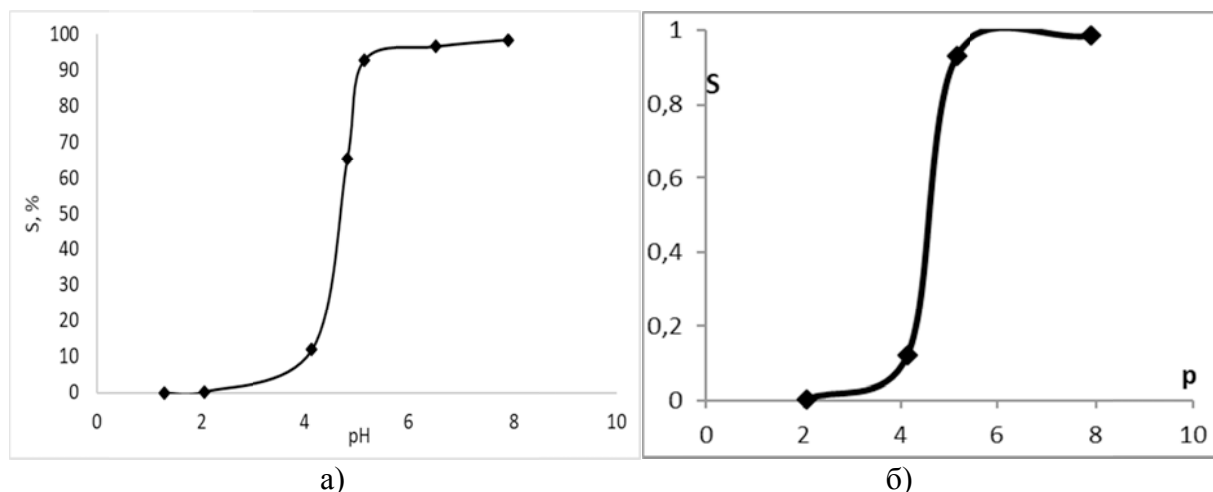


Рис. 1. Зависимость степени сорбция радия-223 сорбентом MnO₂-ТАЦ от pH раствора, полученная на растворах на основе дистиллированной воды (а), водопроводной воды (б).

Из рис. 1 видно, что зависимость носит классический S-образный характер, при этом максимум сорбции наблюдается при pH > 5,5–6. Поскольку сорбирующей фазой для всех остальных синтезированных сорбентов является также диоксид марганца, можно ожидать, что для остальных сорбентов данная зависимость должна носить аналогичный характер. Таким образом, во всех дальнейших экспериментах по сорбции радия-223 pH растворов устанавливали в диапазоне 6–7.

Далее было определено влияние типа полимерного носителя на сорбцию радия-223. Было приготовлено 5 растворов, содержащих радий-223, pH = 6–7, объем растворов = 10 мл. Образцы сорбентов приводили в контакт с растворами, время сорбции составляло 3 суток. В

табл. 2 приведены значения степени сорбции радия и ШППВ для соответствующих альфа-пиков. На рис. 2 приведены альфа-спектры сорбентов после сорбции радия-223.

Табл. 2. Параметры сорбции радия-223 тонкослойными сорбентами на основе диоксида марганца из бессолевого раствора, pH = 6–7

Сорбент	S, %	ШППВ, кэВ
MnO ₂ -ТАЦ	80,3	90,4
MnO ₂ -ПП	85,9	52,9
MnO ₂ -ПЭТФ	82,1	46,3
MnO ₂ -ПЭ	84,1	50,7
MnO ₂ -БОПП	89,6	55,1

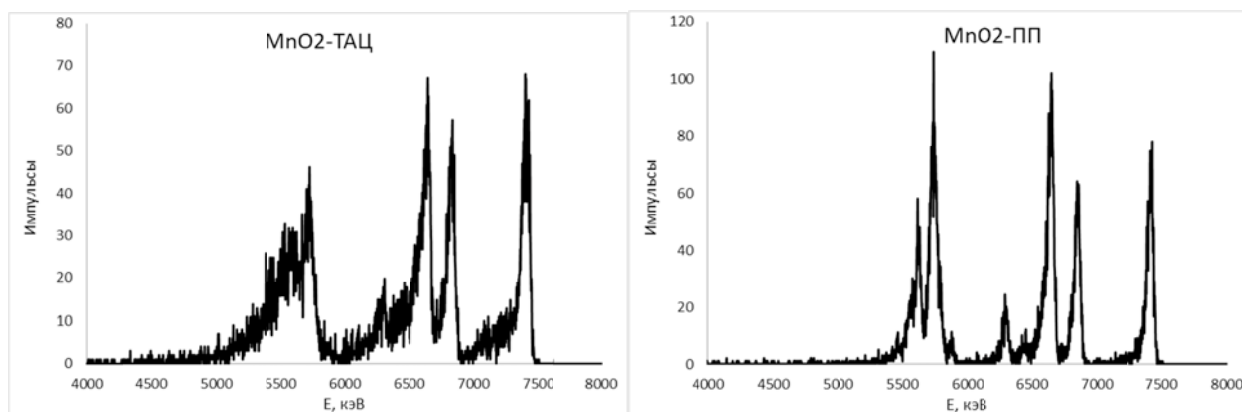


Рис. 2. Примеры альфа-спектров тонкослойных сорбентов на основе диоксида марганца после сорбции радия-223.

Полученные результаты показали, что в целом все исследованные тонкослойные сорбенты обладают примерно сходными сорбционными характеристиками: степень сорбции для всех сорбентов находилась в пределах 80–90 %. В то же время энергетическое разрешение для сорбентов MnO₂-ПП, MnO₂-БОПП, MnO₂-ПЭ и MnO₂-ПЭТФ было также примерно одинаковым: ШППВ составило от 46 до 55 кэВ, что довольно близко к минимально возможной величине для данного спектрометра (35–40 кэВ), тогда как для сорбента MnO₂-ТАЦ величина ШППВ была существенно больше – 90,4 кэВ, что можно объяснить диффузией радия вглубь сорбента.

Был проведен аналогичный эксперимент по сорбции радия-223 различными сорбентами из раствора, содержащего 0,5 моль/л NaCl; результаты представлены в табл. 3.

Табл. 3. Параметры сорбции радия-223 тонкослойными сорбентами на основе диоксида марганца из 0,5 моль/л раствора NaCl, pH = 6–7

Сорбент	S, %	ШППВ, кэВ
MnO ₂ -ТАЦ	47,9	78,1
MnO ₂ -ПП	14,1	56,4
MnO ₂ -ПЭТФ	21,1	37,4
MnO ₂ -ПЭ	42,2	52,1
MnO ₂ -БОПП	23,2	48,2

Точно также, как и в случае бессолевого раствора, энергетическое разрешение для сорбентов MnO₂-ПП, MnO₂-БОПП, MnO₂-ПЭ и MnO₂-ПЭТФ было близким к наилучшему для альфа-спектрометра, тогда как для сорбента MnO₂-ТАЦ также наблюдалось уширение пиков. Повышенная концентрация ионов натрия достаточно сильно подавляет сорбцию

радия. Это можно объяснить ионообменным механизмом сорбции радия, что подтверждает также вид зависимости сорбции от pH. При этом интересно, что по степени сорбции сорбенты располагаются в ряд: $\text{MnO}_2\text{-ТАЦ} > \text{MnO}_2\text{-ПЭ} > \text{MnO}_2\text{-БОПП} \approx \text{MnO}_2\text{-ПЭТФ} > \text{MnO}_2\text{-ПП}$, что в целом коррелирует с количеством осажденной на данные носители фазы диоксида марганца. Таким образом, можно предположить, что удельное содержание диоксида марганца на поверхности тонкослойных сорбентов несущественно в случае сорбции радия из слабосолевых растворов благодаря слабой конкуренции и достаточной сорбционной емкости для сорбции микроколичеств радионуклида, однако этот параметр становится критическим в случае повышения солесодержания из-за исчерпания сорбционной емкости конкурирующими ионами.

Дополнительно было определено влияние перемешивания на сорбцию радия-223 различными сорбентами из бессолевого раствора. Объем был 10 мл, время сорбции – 4 часа. Результаты приведены в табл. 4.

Табл. 4. Влияние перемешивания на сорбцию радия-223 тонкослойными сорбентами на основе диоксида марганца из бессолевого раствора, pH = 6–7

Сорбент	S, %	
	С перемешиванием	Без перемешивания
$\text{MnO}_2\text{-ТАЦ}$	35,6	32,4
$\text{MnO}_2\text{-ПЭ}$	35,7	30,4
$\text{MnO}_2\text{-ПП}$	33,9	32,2

Результаты эксперимента показали, что перемешивание не слишком значительно, но увеличивает степень сорбции радия, как минимум, при небольшом времени сорбции. Поэтому во всех последующих экспериментах сорбцию осуществляли на шейкере.

Итак, на основании экспериментов было сделано заключение, что для разработки методики анализа радия в природных водах наибольший интерес представляет сорбент $\text{MnO}_2\text{-ПЭ}$, обеспечивающий, с одной стороны, высокую емкость и высокую степень сорбции радия, а с другой стороны, хорошее энергетическое разрешение получаемого альфа-спектра.

ВЫВОДЫ

Для ряда оксидномарганцевых сорбентов на основе различных полимерных носителей было показано, что они обладают довольно сходными сорбционными характеристиками по отношению к радю. В то же время, энергетическое разрешение альфа-спектров для сорбентов $\text{MnO}_2\text{-ПП}$, $\text{MnO}_2\text{-БОПП}$, $\text{MnO}_2\text{-ПЭ}$ и $\text{MnO}_2\text{-ПЭТФ}$ было также примерно одинаковым: ШППВ составило от 46 до 55 кэВ, что довольно близко к минимально возможной величине для данного спектрометра (35 – 40 кэВ), тогда как для сорбента $\text{MnO}_2\text{-ТАЦ}$ величина ШППВ была существенно больше – 90,4 кэВ, что можно объяснить диффузией радия вглубь сорбента.

Для ряда сорбентов было показано, что повышенная концентрация ионов натрия достаточно сильно подавляет сорбцию радия. При этом по степени сорбции радия сорбенты располагаются в ряд: $\text{MnO}_2\text{-ТАЦ} > \text{MnO}_2\text{-ПЭ} > \text{MnO}_2\text{-БОПП} \approx \text{MnO}_2\text{-ПЭТФ} > \text{MnO}_2\text{-ПП}$, что в целом коррелирует с количеством осажденной на данные носители фазы диоксида марганца.

На основании экспериментальных данных было определено, что для разработки методики анализа радия в природных водах наибольший интерес представляет сорбент $\text{MnO}_2\text{-ПЭ}$, обеспечивающий, с одной стороны, высокую емкость и высокую степень сорбции радия, а с другой стороны, хорошее энергетическое разрешение получаемого альфа-спектра.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00931.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕКИ СТЕПНОЙ ЗАЙ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**Урбанова О.Н., Мутыгуллина Ю.В., Горшкова А.Т.,
Бортникова Н.В., Рыков Р.А., Семанов Д.А.**

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики
Татарстан, г. Казань, Россия
e-mail: juliagorbunova18@mail.ru

Ключевые слова: река Степной Зай, водосбор, расход воды, интенсивность подземного питания.

Интенсивное использование водных ресурсов р. Степной Зай вызвало необходимость определения современных объемов водных ресурсов в местах их использования. С этой целью летом 2020 года было проведено экспедиционное обследование бассейна реки с измерением контрольных расходов воды в характерных точках бассейна с последующей их обработкой на компьютерах, что позволило рассчитать измеренные расходы воды по длине основной реки и ее притокам. Величины измеренных расходов воды были приведены к инженерным значениям заданной обеспеченности с помощью коэффициентов, полученных по стационарным пунктам наблюдений. Анализ результатов и сравнение их со значениями расходов воды, измеренных в более ранние годы, показали их увеличение почти по всей длине реки, что не является ошибочным и только подтверждает сложность явлений, происходящих на водосборе.

**THE STEPNIY ZAY RIVER WATER RESOURCES DETERMINATION
ACCORDING TO THE HYDRO/METRIC MEASUREMENTS RESULTS**

**Urbanova O.N., Mutygullina Y.V., Gorshkova A.T., Bortnikova N.V.,
Rykov R.A., Semanov D.A.**

Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy
of Sciences, Kazan, Russia
e-mail: juliagorbunova18@mail.ru

Keywords: the Stepnoy Zai River, catchment area, water discharge, intensity of underground recharge.

Intensive use of the water resources of the Stepnoi Zai River made it necessary to determine the current volume of water resources in places of their use. For this purpose, in the summer of 2020, an expeditionary survey of the river basin was carried out with the measurement of control water flow rates at characteristic points of the basin with their subsequent processing on modern computers, which made it possible to calculate the measured water flow rates along the length of the main river and its tributaries. The values of the measured water flow rates were reduced to the engineering values of the specified supply using the coefficients obtained from the stationary observation points. Analysis of the results and their comparison with the values of water discharge measured in earlier years showed their increase almost along the entire length of the river, which is not erroneous and only confirms the complexity of the phenomena occurring in the catchment.

В последние годы отчетливо проявляется тенденция изменения водности малых рек, протекающих по территории Республики Татарстан (РТ). Относительно стабильный период незначительного изменения водности, наблюдавшийся с 1960 по 1995 гг., в последующем практически повсеместно сменился быстрым ростом величин среднегодовых расходов воды на реках Закамья, в том числе и на р. Степной Зай в среднем на 40-61 % по сравнению со среднемноголетними значениями [1]. В частности, водность р. Степной Зай, начиная с 80-х

годов прошлого столетия, увеличилась более чем в 2 раза. Так, если с 60 до 80-х годов расходы августа для пункта Старое Пальчиково были в среднем $8.5 \text{ м}^3/\text{сек}$, то после 80-х они увеличиваются до $18.8 \text{ м}^3/\text{сек}$. Для пункта Акташ водность августа в 60-80-е годы составляла $5,0 \text{ м}^3/\text{сек}$, то с 2008 г. она достигает $10,2 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Выявить тенденцию увеличения водности можно на основе анализа изменения среднегодовых расходов воды по пунктам длительных наблюдений, число которых, к сожалению, недостаточно для точного обоснования водохозяйственных и проектных расчетов на неизученных реках. Несмотря на то что гидрологические наблюдения в бассейне р. Степной Зай производились Гидрометслужбой (8 постов) и различными ведомствами (16 постов) в 24 пунктах наблюдений, распределенных по территории сравнительно равномерно (на один пункт приходится 215 км^2 площади и 8 рек), уровень режим реки изучен недостаточно в связи с тем, что большинство водомерных постов имели короткие ряды наблюдений, результаты которых не опубликованы [2, 3]. Этот недостаток можно исправить путем производства гидрометрической съемки в бассейне реки, результаты которой, увязанные с данными пунктов стационарных наблюдений гидрологической сети, позволяют достаточно достоверно определить величину стока в любой точке по длине реки.

Проведение гидрометрических съемок для больших территорий довольно трудоемкий и дорогостоящий процесс, но осуществление однократных измерений расходов воды по характерным пунктам на реке (обычно в местах впадения притоков) и последующий расчет расходов воды по всей длине реки вполне доступен. Поскольку в последние годы в силу различных причин нет возможности проведения комплексных экспедиционных обследований, перед исследователями возникла задача совершенствования их проведения путем однократных контрольных измерений расходов воды в характерных точках бассейна. Эффективность таких измерений была доказана в ходе обследования рек Предволжья, Предкамья и Западного Закамья территории РТ.

Контрольные гидрометрические работы в бассейне р. Степной Зай, проведенные летом 2020 г., их обработка и увязка с многочисленными данными, собранными за многолетнюю историю исследования водосборного бассейна, дали представление о его современном состоянии.

Река Степной Зай, выбранная в качестве объекта исследований, являющаяся левым притоком Камы, протекает по географическому району Восточного Закамья РТ. Принадлежит водной системе Кама→Волга→Каспийское море. В тюркских языках слово «зай» означает «река». Длина Степного Зая составляет 211,3 км. Площадь водосбора $5,2 \text{ тыс. км}^2$ [4]. Административно бассейн реки лежит в Поволжском Федеральном округе, в пределах 8-ми муниципальных районов (м.р.) РТ: Лениногорского, Бугульминского, Альметьевского, Азнакаевского, Заинского, Тукаевского, Сармановского и Нижнекамского.

В Государственном Водном Реестре Российской Федерации река числится под кодом 10010101512111100029287, имеет название «Зай», относится к Камскому бассейновому округу. Степной Зай (Зай) имеет статус «Памятник природы регионального значения» [5].

Исток реки расположен на восточных склонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности южнее с. Михайловка Лениногорского м.р. на высоте 252 м. Впадает в протоку Старая Кама (левая протока Камы) с отметкой 53,2 м БС западнее с. Нижнее Афанасово Нижнекамского м.р.

Река протекает по весьма сложной в геоморфологическом отношении возвышенной равнине (высота 200-360 м) с общим наклоном с юга на север к долине Камы, верхняя часть которой лежит на высоте 360-382 м. Здесь резкий контраст возвышенностей и широких долин, на 25 % залесенных. Возвышенные части рельефа представляют собой равнины то совершенно плоские, то волнообразные, с небольшими грядами и неглубокими понижениями. В истоках река имеет незначительный уклон ($0,015 \text{ ‰}$). Вследствие особенностей литологического строения Бугульминско-Белебеевской возвышенности (песчано-глинисто-алевритовые толщи нижней свиты татарских отложений) характерным

для этой территории является слабое развитие балок и оврагов, незначительная густота которых прослеживается почти на всей территории водосбора.

Степной Зай (Зай) – типично равнинный водоток со смешанным питанием. Принимая 68 притоков разной длины, река имеет довольно разветвленную речную сеть с густотой ,35-0,44 км/км². Структура речной сети бассейна включает 408 притоков разного порядка при общей их протяженности 1647,9 км.

Река Степной Зай (Зай) имеет восточноевропейский тип водного режима: высокое весеннее половодье с интенсивным повышением уровня воды, вызванным быстрым таянием снежного покрова, непродолжительным стоянием максимума половодья и сравнительно быстрым его спадом и устойчивую продолжительную межень. Основным источником поступления воды в реку поверхностным путем весной является снеготаяние при подчиненной роли дождей и грунтовых вод, что определяет характер годового стока.

Степной Зай (Зай) является транспортной магистралью местного значения, важным источником природного водоснабжения. Река протекает по наиболее развитым в промышленном отношении и богатым полезными ископаемыми районам РТ. Здесь интенсивно развиты нефтедобывающая, газовая, энергетическая и сопутствующие им отрасли промышленности, использующие большой объем водных ресурсов. Это создает довольно напряженный водохозяйственный баланс, который усугубляется и тем, что в реку и его притоки поступает большое количество сточных вод 8 крупных городов и рабочих поселков с 60 крупными предприятиями. В бассейне расположено и большое количество предприятий сельскохозяйственного профиля с животноводческими фермами, летними лагерями скота, скотомогильниками, кладбищами, складами минеральных удобрений и ядохимикатов, в т.ч. и в водоохранной зоне.

Использование водных ресурсов бассейна отражается на естественном водном режиме и водном балансе малых рек, сток которых и без того во многом зависит от местных ландшафтно-географических условий. Оценка возможных изменений водных ресурсов малых рек под влиянием различных хозяйственных мероприятий в их бассейнах остается одной из актуальных проблем, решение которой зависит от выбора методов надежного определения основных стоковых характеристик.

Расходы воды периода межени по длине реки были получены путем контрольных измерений расходов воды в характерных точках бассейна с последующей их обработкой на современных компьютерах. Компьютерная программа Microsoft Excel позволила автоматизировать процесс обработки полевых материалов, основным пунктом которой является построение графиков изменения расходов воды по длине реки, позволяющих исключить случайные и систематические, объективные и субъективные ошибки, неизбежно возникающие в ходе измерения расходов воды. Кроме того, графики дают наглядное представление количественного изменения стока реки по ее различным участкам и возможность составления ведомости измеренных расходов по всей длине. Основой графиков является зависимость мгновенных расходов воды в створе бассейна от суммы длин гидрографической сети до этого створа. Эта зависимость, позволяющая рассчитать расходы воды по всей длине реки, не охваченной наблюдениями, описывается формулой линейного вида: $Y = aX + b$, где Y – расход воды в створе, X – сумма длин речной сети в створе, a и b – коэффициенты, отражающие тесноту связи мгновенных расходов от разнообразных условий, формирующих величину измеренного расхода [6].

В ходе компьютерной обработки составлена ведомость изменения измеренных расходов воды по длине основной реки и ее притокам. Полученные расходы воды были использованы как для определения подземного питания рек по частным бассейнам, так и для получения меженных расходов воды 50%, 75% и 95% обеспеченности в любом створе реки. Поскольку в границах статьи невозможно привести полную таблицу распределения обеспеченных расходов межени в характерных точках бассейна (после впадения каждого притока), приведем значения расходов воды и объемов меженного стока на верхней и нижней границе муниципальных районов бассейна по течению р. Степной Зай (таблица 1).

Табл. 1. Меженные расходы воды и объемы меженного стока в пределах муниципальных районов РТ

Участок реки	Расст. от устья, км	Меженные расходы воды расчетных обеспеченностей, м³/сек			Объем меженного стока, млн. м³		
		50%	75%	95%	50%	75%	95%
Лениногорский м.р.							
Исток реки	211,3	0,313	0,260	0,144	9,06	7,53	4,17
Нижняя граница м.р.	178,4	1,192	0,989	0,548	34,5	28,6	15,7
Бугульминский м.р.							
Верхняя граница м.р.	178,4	1,192	0,989	0,548	34,5	28,6	15,7
Нижняя граница м.р.	162,0	2,371	1,588	0,972	68,6	46,0	28,1
Альметьевский м.р.							
Верхняя граница м.р	162,0	2,371	1,588	0,972	68,6	46,0	28,1
Нижняя граница м.р	105,3	3,959	2,652	1,623	114,6	76,8	47,0
Заинский м.р.							
Верхняя граница м.р.	105,3	3,959	2,652	1,623	114,6	76,8	47,0
Нижняя граница м.р.	41,6	7,669	5,138	2,531	222,0	148,7	73,3
Нижнекамский м.р.							
Верхняя граница м.р.	41,6	7,669	5,138	2,531	222,0	148,7	73,3
Нижняя граница м.р., (устье)	0,0	8,290	5,554	2,736	239,9	160,8	28,9

Результаты измерений расходов в Степном Зае показали их плавное нарастание от истока (0,313 м³/с) к устью (8,29 м³/с), При сравнении их со значениями расходов воды, измеренных в другие годы, например в 1969 г., их значения почти по всей длине реки увеличились, что не является ошибочным и только подтверждает сложность явлений, происходящих на водосборе,

Увеличение расходов воды от истока реки к устью обеспечивается поступлением в основную реку воды, как приносимую притоками, так и поступающую подземным путем, Величина подземного поступления воды, которая формирует сток межени, непосредственно зависит от геоструктурных особенностей территории, Интенсивность подземного питания р, Степной Зай колеблется в пределах 0,33-5,1 л/сек*км², Модули подземного питания величиной 2-4 л/сек*км² характеризуют средние условия бассейна, так как на интенсивность подземного питания межприточных участков колеблется в пределах 0,11-8,50 л/сек*км², Межприточные участки могут быть или очень малые или очень большие, и только по этой причине, при совершенно однородном гидрогеологическом строении и условиях разгрузки водоносных комплексов, получается чередование по длине реки очень низких и высоких модулей подземного питания,

Кроме того, расположение бассейна реки на кровле нижеказанских отложений, слабо наклоненных на север и на запад, обуславливает общий отток подземных вод к р, Степной Зай из бассейна р, Ик, Общий подземный водораздел этих рек проходит через ряд отдельных сводовых поднятий, разделяющих частные водоразделы, в промежутках между которыми и происходит движение грунтового потока в бассейне р, Степной Зай, Это обстоятельство существенно сказывается на увеличении водоносности как на отдельных участках самого Степного Зая, так и на многих его правых притоках (Урсала, Зай-Каратай, Ямашка и др.), где модули подземного питания достигают на отдельных участках 10 и более л/сек*км²,

Таким образом, геологическое строение бассейна р. Степной Зай обуславливает большую приточность глубинных вод, обладающих постоянством водоносных горизонтов и относительной устойчивостью их дебитов. Кроме того, физико-географические условия формирования подземного питания рек и особенно почвенные условия (значительное распространение в бассейне имеют почвы черноземного комплекса) благоприятствует пополнению запасов грунтовых вод. Следует отметить, что в засушливые и маловодные годы приращение расхода воды по длине почти не происходит, а в меженные и многоводные годы расходы воды существенно возрастают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор состояния природной среды и ее загрязнения на территории Республики Татарстан в 2006 году, Казань: Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан, 2007, 109 с,
2. Государственный водный кадастр, Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, Т.1, РСФСР, Вып. 24, Бассейны рек Волги (Среднее и Нижнее Поволжье) и Урала, Л.: Гидрометеоиздат, 1985, 519 с,
3. Каталог всех гидропостов РФ, Архив АСОВР ИПЭН,
4. Водные объекты Республики Татарстан, Гидрографический справочник, Издание второе, переработанное и дополненное, Казань: Изд-во «Фолиант», 2015, 512 с, с илл,
5. Государственный реестр особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан, Издание второе, Казань: Изд-во «Идел-Пресс», 2007, 408 с,
6. *Урбанова О.Н.*, Разработка региональных методов изучения и использования водных ресурсов малых рек Республики Татарстан / Современные проблемы водохранилищ и их водосборов, В двух томах, Т. II, Управление водными ресурсами речных водосборов, Водная экология, Труды Международной научно-практической конференции, Пермь: Изд. дом «Книжный формат», 2009, С. 186-191,

**УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ
ОПРЕДЕЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРОТЯЖЕННЫЕ ВОДОЕМЫ (НА
ПРИМЕРЕ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)**

Хафизов А.Р., Камалетдинова Л.А., Низамова Р.А.,

Гайсин И.З.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, г. Уфа, Россия

e-mail: lili-xa@yandex.ru

Ключевые слова: водохранилище, химический состав воды, концентрация химических веществ, химические нагрузки, створы, протяженные водоемы, акватория, водосборная площадь.

Проанализирована современная тенденция изменения концентрации химических веществ по длине Павловского водохранилища. На основе результатов исследования разработана методика учета изменения концентрации химических веществ при определении химических нагрузок на протяженные водоемы.

**ACCOUNTING OF THE CHEMICAL SUBSTANCES CONCENTRATION
CHANGES IN DETERMINATION OF CHEMICAL LOADS UPON LENGTHY WATER
BODIES (THE PAVLOVSK RESERVOIR AS A STUDY CASE)**

Khafizov A.R., Kamaletdinova L.A., Nizamova R.A., Gaysin I.Z.

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water
Management and Protection», Bashkir Branch, Ufa, Russia

e-mail: lili-xa@yandex.ru

Keywords: reservoir, chemical composition of water, concentration of chemicals, chemical loads, sections, extended reservoirs, water area, catchment area.

The current tendency of changes in the concentration of chemicals along the length of the Pavlovsk reservoir is analyzed. Based on the results of the study, a methodology has been developed for taking into account changes in the concentration of chemicals when determining chemical loads on extended water bodies.

Современная ситуация на водных объектах характеризуется возрастающей антропогенной нагрузкой. Сочетание множества факторов: активная деятельность человека, климатические изменения, усиление рекреационной нагрузки, природные факторы и т.д. – приводят к увеличению химических нагрузок на водоемы. Остро встает вопрос контроля за качеством воды. Одним из факторов, позволяющих отследить химическую нагрузку на водоемы, является учет изменения концентрации химических веществ по длине водоема, что позволит определять возможные источники загрязнений.

Работы, проведенные в 2018–2020 гг. Башкирским филиалом РосНИИВХ, позволяют разработать методику определения концентрации химических веществ на протяженных водоемах на примере Павловского водохранилища.

Цель работы – установление связи изменения концентрации химических веществ по длине протяженного водоема с целью разработки методики определения возможных источников химических нагрузок.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

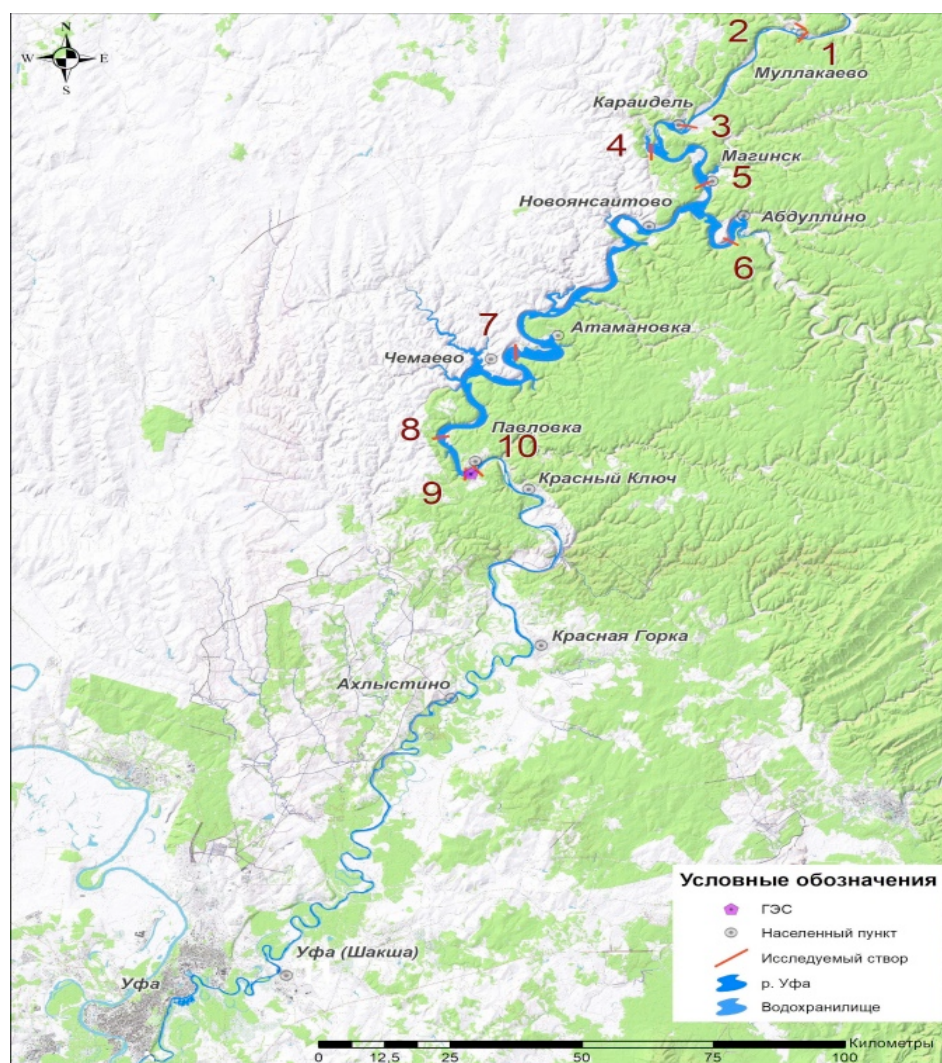
- проанализированы имеющиеся фондовые материалы по ранее проведенным исследованиям химического состава воды;

- определены створы для забора воды;
- проведены полевые и лабораторные исследования химического состава воды в весенний и осенний периоды (до паводков), в летнюю межень;
- построены графики изменения концентрации химических показателей в воде по длине водного объекта;
- проанализированы и сформулированы выводы о возможных путях поступления химических веществ в водный объект.

Проанализированы предыдущие исследования качества воды Павловского водохранилища, а также установлены за многолетний период притоки и сбросы воды водохранилища [1, 2].

Собственные полевые исследования химического состава воды Павловского водохранилища Башкирским филиалом ФГБУ РосНИИВХ проводились в 2018–2019 гг. в весенний предпаводный, осенний и летний меженный периоды.

Расположение створов по отбору проб на Павловском водохранилище (рис. 1) выбиралось исходя из морфометрических особенностей водохранилища (речная, озерная и приплотинная части); на замыкающих участках рек притоков, впадающих в водохранилище; в районе населенных пунктов [3], также учитывалось местоположение створов действующей сети наблюдений ФГБУ «Башкирское УГМС», а также расположение створов по отбору проб ранее проведенных научных исследований [1,2,4,5].



1. с. Муллакаево
2. устье р. Тую
3. с. Караидель
4. устье р. Байки
5. с. Магинск
6. залив
р. Юрюзань
7. ФОК
«Звездный»
8. СОЛ "Авиатор"
9. Верхний бьеф
гидроузла
10. Нижний бьеф
гидроузла

Рис. 1. Створы отбора проб воды в акватории Павловского водохранилища в 2018 г.

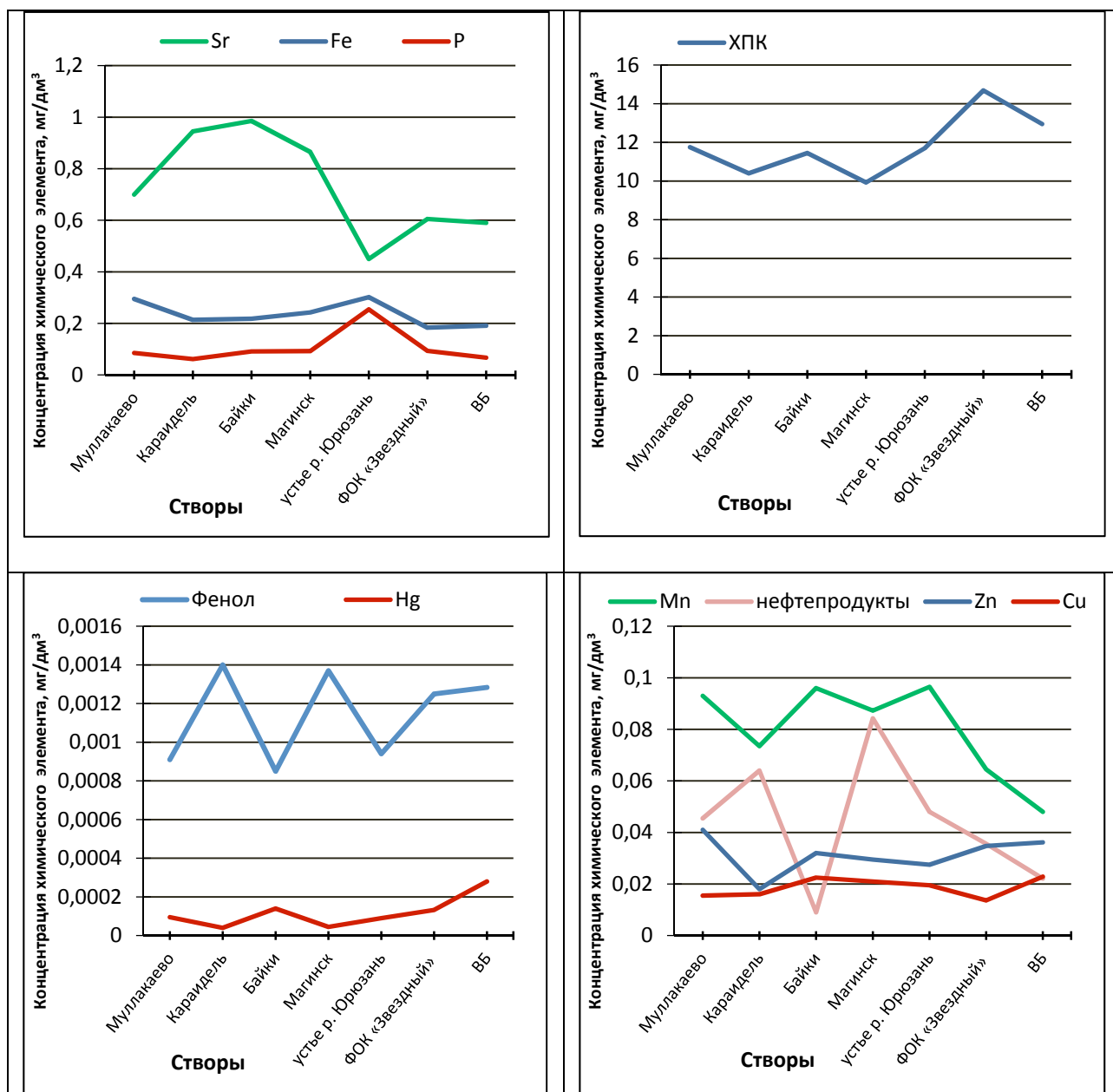


Рис. 2. Усредненные изменения концентраций химических показателей в воде по длине Павловского водохранилища по створам в межень 2018–2019 гг.

Современная тенденция изменения химического состава воды в акватории Павловского водохранилища проанализирована и установлена по усредненным результатам исследований проб воды в летнюю межень (июль) в 2018–2019 гг. по 10 показателям (Feобщий, Zn, Cu, Mn, Sr, Hg, P (общий), фенол, нефтепродукты и ХПК) и по 7 створам (Муллакаево, Караидель, Байки, Магинск, Юрюзань, ФОК «Звездный» и у верхнего бьефа плотины (ВБ)).

На основе данных полевых исследований построены графики изменения концентрации химических показателей в воде по створам от верховьев водохранилища к верхнему бьефу плотины (рис. 2). Анализ графиков выполнен в табличной форме (табл. 1).

По длине водохранилища линейные тренды концентрации химических показателей уменьшаются – Sr, Mn, нефтепродукты; увеличиваются – Zn, Hg, фенолы и ХПК. Равномерное распределение концентраций с незначительными отклонениями наблюдается у Feобщий, Pобщий, Cu.

Табл. 1. Современные тенденции изменения концентрации химических показателей в акватории Павловского водохранилища

Химические показатели	Изменение по длине водохранилища	Створы с пиковыми концентрациями	Возможные пути поступления
Железо общее – Fe _{общий}	Равномерное распределение с незначительным уменьшением	Муллагаево, устье р. Юрюзань	По рекам Уфа, Тюй и Юрюзань, из акватории водохранилища
Стронций – Sr	Уменьшение	Байки	По реке Байки, из села Караидель и ФОК «Звездный»
Фосфор общий – P _{общий}	Равномерное распределение с незначительным увеличением	Устье реки Юрюзань	По реке Юрюзань, из всей водосборной площади
Марганец – Mn	Уменьшение	Муллагаево, Байки, устье реки Юрюзань	По рекам Уфа, Тюй, Байки и Юрюзань
Медь – Cu	Равномерное распределение с незначительным уменьшением	Байки, у верхнего бьефа плотины (ВБ)	По реке Байки, и из района ВБ
Нефтепро-дукты	Уменьшение	Караидель, Магинск	Из сел Караидель и Магинск
Цинк – Zn	Незначительное увеличение	Муллагаево, Байки, ФОК «Звездный», ВБ	По рекам Уфа, Тюй, Байки, из ФОК «Звездный» и района ВБ
Ртуть – Hg	Увеличение	Муллагаево, Байки, ФОК «Звездный» и ВБ	По рекам Уфа, Тюй, Байки, из ФОК «Звездный» и района ВБ
Фенолы	Увеличение	Караидель, Магинск, ФОК «Звездный» и ВБ	Со дна водохранилища в районах сел Караидель, Магинск, ФОК «Звездный» и ВБ
ХПК	Увеличение	Муллагаево, Байки, устье р. Юрюзань и ФОК «Звездный»	Из рек Уфа, Тюй, Байки, Юрюзань и ФОК «Звездный»

Проанализировав полученные данные, можно выявить следующие закономерности для протяженных водоемов:

- ☐ уменьшение концентрации химических показателей по длине указывает на их поступление по главной реке или по ее притокам до водохранилища;
- ☐ увеличение поступления химических веществ по длине водохранилища указывает на их поступление в пределах водохранилища;
- ☐ при равномерном распределении химических показателей можно предположить их фоновый характер или равномерное поступление по длине водохранилища. Например, со дна или по всей водосборной площади в виде диффузного загрязнения.

Изучив пики концентраций химических веществ по длине Павловского водохранилища (рис. 2), можно предположить пути поступления химических веществ. Так, по рекам Уфа и Тюй возможно поступление $Fe_{общий}$, Mn, Zn, Hg, органических веществ; Байки – Sr, Mn, Hg, Zn и органических веществ; Юрюзань – $Fe_{общий}$, $P_{общий}$, Mn и органических веществ. В акватории водохранилища источниками загрязнения Sr могут быть с. Караидель и ФОК «Звездный»; нефтепродуктами – с. Караидель и с. Магинск; Zn и Hg – ФОК «Звездный» и район ВБ; фенолов – с. Караидель, с. Магинск, ФОК «Звездный» и район ВБ (практически вся акватория); органических веществ – все реки и ФОК «Звездный».

Сопоставление многолетних данных концентраций химических веществ и притока водохранилища в работе [2] показало, что между ними, кроме нефтепродуктов, имеется прямая (при увеличении притока концентрация химического показателя увеличивается) или обратная (при увеличении притока концентрация химического показателя уменьшается) связь. Так, $Fe_{общий}$ и Mn имеют прямую связь, а $P_{общий}$, Cu, Zn, фенолы и ХПК – обратную связь.

Таким образом, можно сформулировать обобщенные выводы об основных путях поступления химических веществ в водные объекты (на примере Павловского водохранилища):

- при поступлении химического вещества извне водоема концентрация данного химического вещества при увеличении притока – увеличивается, а по длине водоема уменьшается (напр.: Mn и $Fe_{общий}$ при увеличении притока – увеличиваются, а по длине водохранилища – уменьшаются);
- при поступлении химического вещества из ложа водоема или из его водосборной площади концентрация данного химического вещества при увеличении притока – уменьшается, а по длине водоема увеличивается (напр.: фенолы и нефтепродукты поступают из ложа водохранилища и/или прилегающих территорий, а $P_{общий}$ поступает из водосборной площади водохранилища. Данные вещества при увеличении притока – уменьшаются, а по длине водохранилища – увеличиваются);
- однако следует понимать, что поступление веществ может происходить как извне водоема, так и из ложа и/или прилегающих территорий, и в данном случае концентрация химического вещества по водохранилищу чаще всего равномерная с незначительным увеличением или уменьшением концентрации (напр.: Cu, Zn поступают как извне, так и из ложа водохранилища и/или прилегающих территорий. Преобладающее поступление Cu – из ложа водохранилища и/или прилегающих территорий, так при увеличении притока – уменьшается, а по длине водохранилища – увеличивается);
- пиковые концентрации химических веществ по длине водохранилища могут указывать на пути и источник поступления химического вещества в водный объект.

На основе результатов исследования изменения концентрации химических веществ по длине Павловского водохранилища разработана методика учета изменения концентрации химических веществ при определении химических нагрузок на протяженные водоемы. Основными этапами методики являются:

- изучение фоновых материалов по ранее проведенным исследованиям химического состава воды, а также сбор информации по расходам водоема за многолетний период;
- определение створов для забора воды с учетом морфометрических особенностей водоема (речная, озерная и приплотинная части); на замыкающих участках рек притоков, впадающих в водоем; в районе населенных пунктов. Также необходимо учитывать другие факторы, например, наличие действующих створов наблюдений;

- ☐ забор проб из водоема в весенний и осенний периоды (до паводков), в летнюю межень;
- ☐ лабораторный анализ забранных проб;
- ☐ на основе полученных результатов построение графиков изменения концентрации химических показателей в воде по длине водоема;
- ☐ анализ полученных графиков:
 - по изменению концентрации химических веществ по длине протяженного водоема;
 - по изменению концентрации химических веществ при разных расходах;
 - по пиковым концентрациям химических веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хафизов А.Р., Недосеко И.В., Валитов С.А., Камалетдинова Л.А., Низамова Р.А. Современный гидрологический режим и русловые процессы нижнего течения реки Уфа в районе водозаборов города Уфа // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 5. С. 4–20.
2. Хафизов А.Р., Валитов С.А., Камалетдинова Л.А., Низамова Р.А., Гайсин И.З. Многолетняя динамика и современные тенденции изменения химического состава воды в акватории Павловского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 4. С. 19–34.
3. Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоемов (озера, водохранилища) / ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов». Екатеринбург: ФГБУ РосНИИВХ, 2017. 73 с.
4. Хафизов А.Р., Полева А.О., Валитов С.А., Шарафеева А.Б., Камалетдинова Л.А., Гайсин И.З. Оценка биогенного загрязнения воды Павловского водохранилища на реке Уфа // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 4. С. 196–207.
5. Хафизов А.Р., Кутляров А.Н., Шарафеева А.В. Динамика загрязнения Павловского водохранилища коммунально-бытовыми и животноводческими стоками // Наука молодых – инновационному развитию АПК: мат-лы XI Национальной научно-практической конференции молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет, 2018. С. 248–252.

**ОБ УЧЕТЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НА
ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ ПРИ
КОРРЕКТИРОВКЕ СКИОВО (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ)**

**Хафизов А.Р., Комиссаров А.В., Хазипова А.Ф., Камалетдинова Л.А.,
Низамова Р.А., Гайсин И.З.**

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

Ключевые слова: водохранилище, схема комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИОВО), водохозяйственный баланс, водохозяйственные участки, дефицит водных ресурсов, трансграничные реки.

При корректировке схем комплексного использования и охраны водных объектов выполняется расчет водохозяйственных балансов по водохозяйственным участкам бассейнов рек. На водохозяйственных участках без водохранилищ и прудов или с небольшими полезными объемами может возникнуть дефицит водных ресурсов. Возникает дилемма: сформировать водохозяйственный баланс дефицитным или уменьшить объем воды, сбрасываемой на нижерасположенные водохозяйственные участки. Наиболее остро эта проблема возникает для бассейнов трансграничных рек. Анализ регулирующих возможностей водохранилищ и прудов по субъектам РФ и водохозяйственным участкам проведенный в данной работе показал неравномерность их территориального распределения и аккумулирующих объемов.

**ABOUT ACCOUNTING OF THE RESERVOIRS REGULATING EFFECTS UPON
WATER SUPPLY OF WATER/ECONOMIC SITES IN THE PROCESS OF THE SWBIUP
REVISION (THE URAL RIVER BASIN AS A STUDY CASE)**

**Khafizov A.R., Komissarov A.V., Khazipova A.F., Kamaletdinova L.A.,
Nizamova R.A., Gaysin I.Z.**

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water
Management and Protection», Bashkir Branch, Ufa, Russia
e-mail: chafizov@mail.ru

Keywords: reservoir, scheme of integrated use and protection of water resources, water balance, water management areas, water resources deficit, transboundary rivers.

When adjusting the schemes for the integrated use and protection of water bodies, the calculation of water balances is carried out for the water management sections of the river basins. On water management sites without reservoirs and ponds or with small useful volumes, a shortage of water resources may occur. A dilemma arises: to form a water balance in deficit or reduce the volume of water discharged to downstream water management areas. This problem arises most acutely for the basins of transboundary rivers. The analysis of the regulatory capabilities of reservoirs and ponds in the constituent entities of the Russian Federation and water management areas carried out in this work showed the unevenness of their territorial distribution and accumulating volumes.

При корректировке схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) выполняется расчет водохозяйственных балансов (ВХБ) по водохозяйственным участкам (ВХУ) бассейнов рек. В расчетах ВХБ учитываются регулирующее влияние водохранилищ на водобеспеченность ВХУ, расположенных на этом ВХУ. Для этого в ВХБ

имеется статья «сработка (+), наполнение (-) прудов и водохранилищ»: наполнение происходит при избытке, а сработка – возникновении дефицита воды на ВХУ. На нижерасположенный ВХУ сбрасывается экологический сток или санитарный попуск. Регулирующее влияние водохранилищ, расположенных на верхних ВХУ, на нижние ВХУ напрямую не учитывается.

На ВХУ без водохранилищ и прудов или с небольшими полезными объемами может возникнуть дефицит водных ресурсов. Возникает дилемма: сформировать ВХБ дефицитным или уменьшить объем воды, сбрасываемый на нижерасположенный ВХУ. Наиболее остро эта проблема возникает для бассейнов трансграничных рек, так как трансграничный сток между государствами, как правило, регламентирован межгосударственными соглашениями. Решить эту проблему можно, используя регулирующие возможности водохранилищ, расположенных на вышерасположенных ВХУ.

Цель работы – анализ регулирующего влияния водохранилищ и прудов на водообеспеченность, рассчитываемых ВХУ и на водообеспеченность бассейна в целом. Анализ проведен по результатам корректировки СКИОВО бассейна реки Урал.

Река Урал представляет собой трансграничный водный объект, протекающий по территории Российской Федерации (РФ) и Республики Казахстан (РК). Бассейн реки Урал в пределах РФ охватывает три субъекта: Челябинскую и Оренбургскую области, Республику Башкортостан.

По данным [1] длина р. Урал составляет 1446 км, частная площадь бассейна в пределах границ Российской Федерации 124 900 км². Наиболее крупными притоками являются реки Сакмара, Таналык, Сундук, Ор, Большой Кумак, Чаган, Блява, Большой Ик, Илек и др. [2].

Основной фазой режима стока для подавляющего большинства рек бассейна является весеннее половодье (апрель–май), во время которого проходит 60–80%, а иногда до 96% годового стока, что связано с преимущественным снеговым питанием рек. В то же время, благодаря разнообразию физико-географических условий, удельный вес половодья различен по территории бассейна [3].

Учитывая высокую неравномерность стока в течение года, бассейн р. Урал характеризуется довольно высокой степенью зарегулирования стока.

Материалы и методы исследования

Для изучения данного вопроса использованы следующие данные и материалы: схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна реки Урал (Российская часть) 2014 г. и откорректированная СКИОВО (Водохозяйственные балансы) 2020 г. [4].

Анализ результатов

В бассейне р. Урал на территории РФ размещается 13 водохранилищ объемом более 10 млн м³ (далее крупные водохранилища), среди них Ириклинское (объемом 3260 млн м³), Магнитогорское (объемом 174,0 млн м³), Верхне-Уральское (объемом 601 млн м³) водохранилища. Также имеются 129 водохранилищ объемом меньше 10 млн м³ (далее – мелкие водохранилища). Актуализированные данные водохранилищ и прудов бассейна реки Урал по субъектам РФ представлены территориальными отделами Нижне-Обского БВУ, Камского БВУ и Нижне-Волжского БВУ (табл. 1).

Табл. 1. Распределение водохранилищ и прудов бассейна реки Урал по субъектам РФ и их полные объемы

Субъект РФ	Пруды до 1 млн м ³		Водохранилища до 10 млн м ³		Водохранилища более 10 млн м ³		Всего	
	кол-во, шт.	объем полный, млн м ³	кол-во, шт.	объем полный, млн м ³	кол-во, шт.	объем полный, млн м ³	кол-во, шт.	объем полный, млн м ³
Оренбургская область	584	88,3	84	183,8	5	3427,6	673	3699,7
Челябинская область	54	12,7	21	61,0	3	790,7	78	864,4
Республика Башкортостан	36	15,0	24	61,5	5	133,7	65	210,2
Итого по бассейну реки Урал	674	116,0	129	306,3	13	4352,0	816	4774,3

Анализ таблицы 1 показал, что:

- в бассейне реки Урал построено 13 крупных водохранилищ суммарным полным объемом 4,352 млрд м³, 129 мелких водохранилищ объемом 306,3 млн м³ и 674 прудов объемом 116,0 млн м³;
- объем аккумулированной воды в водохранилищах и прудах по субъектам, распределен неравномерно: на Оренбургскую область приходится 78 %, Челябинскую область – 18 %, Республику Башкортостан – 4 % аккумулированной воды в бассейне реки Урал;
- по крупным водохранилищам наблюдается аналогичная картина: на Оренбургскую область приходится 93 % (самое крупное – Ириклинское водохранилище объемом 3260 млн м³), Челябинскую область – 91 % (самое крупное – Верхне-Уральское водохранилище объемом 601 млн м³), Республику Башкортостан – 64 % (самое крупное – Акъярское водохранилище объемом 49 млн м³) аккумулированной воды в крупных водохранилищах в бассейне реки Урал.

В настоящее время бассейн реки Урал в пределах РФ подразделен на 10 ВХУ (табл.2).

Линейная схема расчетных ВХУ и балансовых створов составлена с учетом актуализированных данных по водохранилищам, объемами свыше 10 млн м³ (рис. 1). Расчеты выполнены с учетом объемов всех водохранилищ и прудов на водохозяйственных участках.

Табл. 2. Водохозяйственное районирование бассейна реки Урал

№ п/п	Код Водохозяйст- венного участка	Наименование водного объекта	Граничные створы				Место впадения реки	Площадь водосбора, тыс. км ²	Площадь Водохозяйствен- ного участка, тыс. км ²	Субъекты РФ
			верхний	км от устья	Наимено- вание	нижний				
			наименование	км от устья		км от устья				
1	12.01.00.001	Урал	исток	2428	Верхнеураль- ский г/у	2192		4.28	4.28	Челябинская обл., Республика Башкортостан
2	12.01.00.002	Урал	Верхнеуральский г/у	2191	Магнитогорс- кий г/у	2137		6.44	2.16	Республика Башкортостан, Челябинская обл.
3	12.01.00.003	Урал	Магнитогорский г/у	2136	Ириклинский г/у	1810		36.9	30.46	Челябинская обл., Оренбургская обл., Республика Башкортостан
4	12.01.00.004	Урал (российская часть бассейна)	Ириклинский г/у	1809	г. Орск	1704		63.5	19.00	Оренбургская обл.
5	12.01.00.005	Сакмара	исток	798	впадение р. Большой Ик	221		10.5	10.50	Республика Башкортостан, Оренбургская обл.
6	12.01.00.006	Большой Ик	исток	341	Устье	0	Сакмара, 220	8.00	8.00	Республика Башкортостан, Оренбургская обл.
7	12.01.00.007	Сакмара без р. Большой Ик	впадение р. Большой Ик	220	Устье	0	Урал, 1286	30.2	11.70	Оренбургская обл., Республика Башкортостан
8	12.01.00.008	Урал (российская часть бассейна)	г. Орск	1703	впадение р. Сакмара	1287		82.3	13.40	Оренбургская обл.
9	12.01.00.009	Илек (российская часть бассейна)	граница с Респ. Казахстан		устье	0	Урал, 1085	41.3	8.50	Оренбургская обл.
10	12.01.00.010	Российская часть бассейна р. Урал без рек Сакмара и Илек	впадение р. Сакмара	1286 (р. Урал)	Граница с Респ. Казахстан			172	16.90	Оренбургская обл.

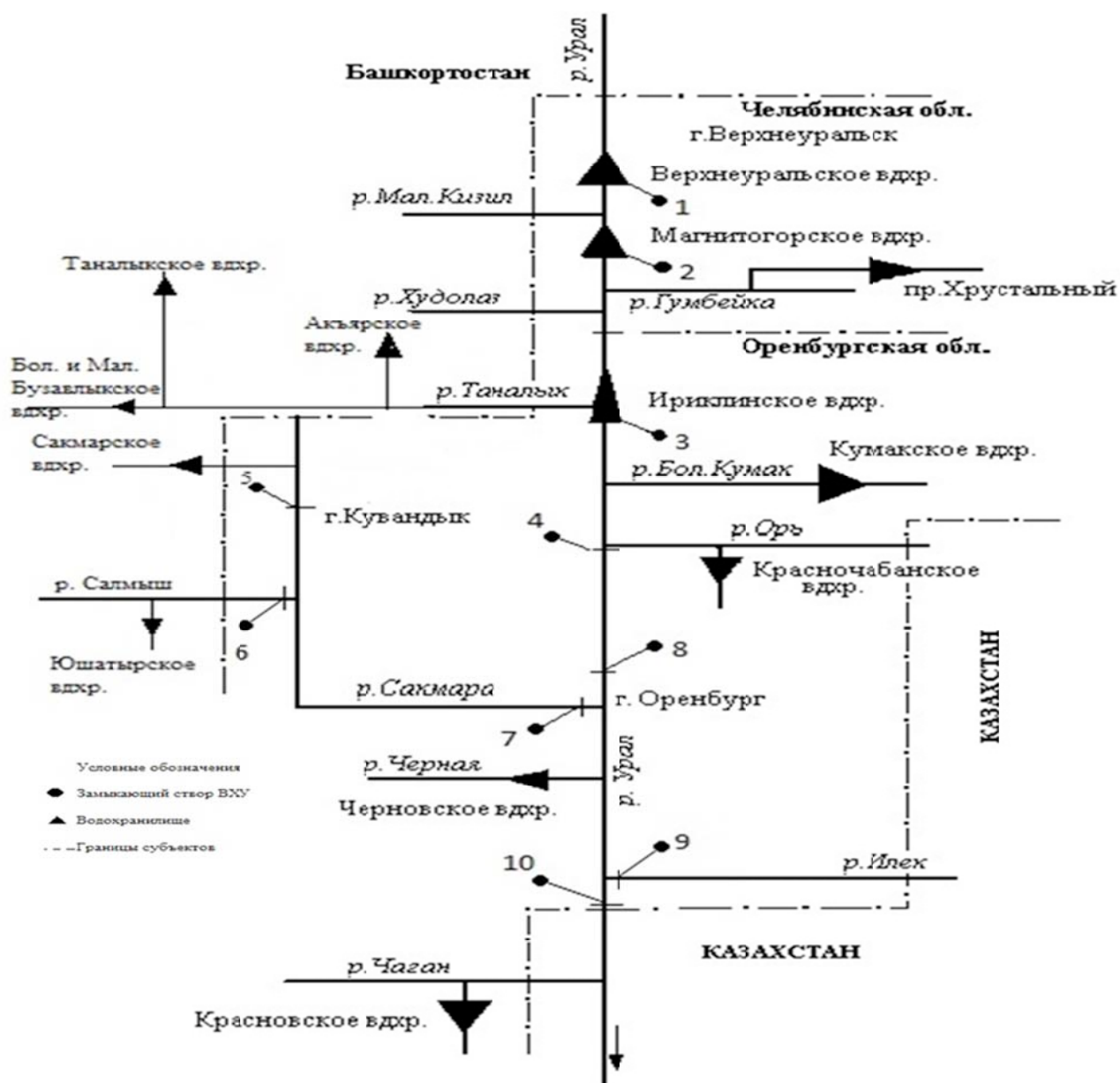


Рис. 1. Линейная водохозяйственная схема бассейна реки Урал (Российская часть).

По результатам расчетов ВХБ по ВХУ бассейна реки Урал проанализировали аккумулирующие объемы, имеющихся на ВХУ водохранилищ и прудов. Так:

- с 001 по 006 ВХУ вода аккумулируется в крупных водохранилищах;
- на 003 ВХУ в пяти водохранилищах (в том числе Ириклинском) аккумулируется самый большой объем воды бассейна реки Урал;
- на 001-004,010 ВХУ суммарный объем аккумулированной воды в водохранилищах составляет более 100 млн м³, больше всего на ВХУ 001 и 003;
- на 005-007,009 ВХУ объем аккумулированной воды в водохранилищах и прудах составляет менее 30 млн м³;
- на 007 и 008 ВХУ имеются только мелкие водохранилища;
- на ВХУ 010 суммарный объем крупных водохранилищ уступает мелким водохранилищам.

Основные особенности зарегулированности стока водохранилищами и прудами по водохозяйственным участкам (ВХУ) следующая:

- на ВХУ 003 (участок реки Урал от Магнитогорского гидроузла до Ириклинского гидроузла) сток значительно зарегулирован пятью крупными

водохранилищами (объемом 3351,3 млн м³ или 70 % аккумулярованной воды в бассейне реки Урал);

- на ВХУ 007-009 (участки: река Сакмара от впадения реки Большой Ик до устья, река Урал от г. Орска до впадения реки Сакмара, река Илек) сток практически не зарегулирован (объем аккумулярованной воды во всех водохранилищах и прудах менее 65 млн м³).

В результате возникает дефицит воды на нижних ВХУ бассейна реки Урал российской части, особенно на ВХУ-010, граничащей с Республикой Казахстан. Так, для обеспечения гарантированного комплексного стока в Республику Казахстан для расчетного года 95 % обеспеченности по водности в апреле и мае, равным 1,3 и 0,6 млрд м³, необходимо повысить водообеспеченность ВХУ-010 на 116,7 млн м³ воды. Водообеспеченность ВХУ – 010 обеспечивается сбросом воды из водохранилищ и прудов вышележащих ВХУ: с ВХУ-004 через ВХУ-008 сбрасывается дополнительный 75,7 млн м³ объем воды и из ВХУ-006 через ВХУ-007 – 41 млн м³.

Заключение

Таким образом, анализ регулирующих возможностей водохранилищ и прудов по субъектам РФ и ВХУ показал неравномерность их территориального распределения и аккумулярующих объемов. В настоящее время для гарантированного водоснабжения водопотребителей нижних ВХУ бассейна реки Урал (ВХУ 008-010) и обеспечения экологического стока в Республику Казахстан необходимо осуществить совместное-сквозное регулирование всех водохранилищ и прудов, расположенных верхних ВХУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водохозяйственное районирование. Центр регистра и кадастра. URL: www.gis.waterinfo.ru
2. Вода России. Речные бассейны. Екатеринбург, 2000. 536 с.
3. *Гареев А.М., Фатхутдинова Р.Ш.* Гидролого-экологическая характеристика бассейна реки Урал (в пределах Российской Федерации) // Чистая вода России: сб. материалов XIII Междунар. науч.-практ. симпозиума и выставки. ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург, 2015. С. 76-82.
4. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Урал (Российская часть). Волгоград: Нижне-Волжское БУ, 2014. 226 с.

**О МЕТОДАХ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ
ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ РЕАБИЛИТАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ЦИМЛЯНСКОГО
И МАНЫЧСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ)**

Хоружая Т.А.

ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: Khorugajat@mail.ru

Ключевые слова: водохранилище, водная экосистема, загрязненность, экологическое неблагополучие, биотическая и абиотическая компоненты, химические и биологические показатели, реабилитация.

С целью выбора метода выявления экологического неблагополучия для применения в реабилитации водных экосистем водохранилищ проведен критический анализ существующих методов, установленных федеральными законами и правовыми актами различного уровня. Подготовлены обобщенные данные многолетней информации по показателям биотической и абиотической компонентам водной экосистемы для выявления экологического неблагополучия состояния и загрязненности Цимлянского и Манычских водохранилищ по химико-биологическим показателям. Выделены наиболее значимые показатели формирования экологического неблагополучия, которые могут быть использованы при разработке мероприятий по реабилитации водохранилищ.

**ON THE METHODS OF IDENTIFICATION OF ECOLOGICAL TROUBLE WITH
THE RESERVOIRS AQUATIC ECOSYSTEMS AND THE POSSIBILITIES OF THEIR
USE FOR THE PURPOSES OF REHABILITATION (THE TSIMLYANSK AND MANYCH
RESERVOIRS AS EXAMPLES)**

Khoruzhaya T.A.

Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

e-mail: Khorugajat@mail.ru

Keywords: reservoirs, water ecosystem, pollution, ecological trouble, criteria, biotic and abiotic components, chemical and biological indicators, rehabilitation.

In order to select a method for identifying ecological trouble for use in the rehabilitation of water ecosystems of reservoirs, a critical analysis of existing methods established by federal laws and legal acts of various levels is carried out. Generalized data of long-term information on indicators of biotic and abiotic components of the aquatic ecosystem were prepared to identify the ecological trouble of the state and pollution of the Tsimlyansk and Manych reservoirs by chemical and biological indicators. The most significant indicators of the formation of ecological trouble that can be used in the development of measures for the rehabilitation of reservoirs are identified.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в практике мониторинга поверхностных вод все чаще употребляется понятие «экологическое неблагополучие». Существование проблемы экологического неблагополучия (ЭНБ) законодательно установлено в 1991 г., когда был принят закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды». В настоящее время действует Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1], в котором этой проблеме уделено особое внимание. Она находит отражение и в ряде других федеральных законов и нормативных правовых

актов Российской Федерации, законах и нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации.

Необходимость анализа экологического благополучия водных экосистем, которое определяет устойчивое водопользование и обеспеченность страны водными ресурсами, очевидна. Особую важность для водных ресурсов России имеют природно-техногенные объекты – водохранилища, которые созданы для решения различных народно-хозяйственных задач, что отражено в российском законодательстве [2]. В связи с этим очевидно, что экологическое благополучие является необходимым условием для поддержания устойчивого функционирования и сохранения водных экосистем водохранилищ. В то же время вызывает озабоченность информация о том, что загрязненность воды и донных отложений ряда водохранилищ остается на высоком уровне. Особые климатические и гидрологические условия сложились на южных водохранилищах России, где часто наблюдается цветение воды с доминированием токсигенных видов синезеленых водорослей [3] и уже выявлены признаки экологического неблагополучия [4].

Крупные водохранилища юга России: Цимлянское, Пролетарское и Веселовское – расположены в бассейне Нижнего Дона в густонаселенном регионе. Они созданы более 50 лет назад и привлекают внимание специалистов и общественности к изучению состояния этих водохранилищ.

Прежде всего, это Цимлянское водохранилище. Оно малопроточное, а из-за регистрируемого в последние годы уменьшения водности появляются дополнительные проблемы. Есть опасения, что из водоема озерно-речного типа оно может превратиться в водоем озерно-болотного типа. Специалисты признают, что Цимлянскому водохранилищу нужна экологическая реабилитация и меры, направленные на гарантированное обеспечение хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения населения и объектов экономики на Нижнем Дону. Действительно, использование и охрана водохранилищ, установленная в законодательстве, представляет собой систему мероприятий, направленных на сохранение и восстановление водохранилищ [2]. Для решения этих проблем регулярно выполняются работы по федеральным и региональным водоохраным проектам.

Мероприятия по реабилитации водохранилищ проводятся с целью восстановления гидроэкосистемы водоема, обеспечивающей ее устойчивое функционирование и самоочищение. Они включают решение большого числа задач, которые ставятся на разных этапах, от подготовительных работ с химическим анализом загрязненности воды и донных отложений, инженерных мер до этапа биологической реабилитации с заселением гидробионтами-представителями основных водных сообществ.

Однако следует отметить, что оценке экологического благополучия водных экосистем водохранилищ уделяется недостаточно внимания. В определенной мере это обусловлено недостаточностью разработки методов оценки экологического благополучия и выявления экологического неблагополучия. Необходима актуализация методологии оценки с учетом накопленного опыта и новых современных разработок.

Цель настоящего исследования – провести критический анализ существующих методов выявления ЭНБ водных экосистем и выбрать метод, позволяющий использовать его для реабилитации водохранилищ.

Объектом исследования служили крупные водохранилища юга России: Цимлянское на р.Дон и Манычские на р. Западный Маныч, притоке Дона (Веселовское, Пролетарское).

Задачи исследования:

- провести критический анализ существующих методов выявления ЭНБ водных экосистем применительно к водохранилищам;
- подготовить по многолетней обобщенной информации данные для анализа экологического благополучия водных экосистем Цимлянского и Манычских водохранилищ по показателям биотической и абиотической компонент экосистем;

- выделить наиболее значимые показатели формирования экологического неблагополучия по относительной частоте выявления случаев ЭН, ЧЭС и ЭБ за многолетний период;
- рассмотреть возможность использования выделенных наиболее значимых показателей формирования экологического неблагополучия для планирования мероприятий по реабилитации водохранилищ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Использованы опубликованные в открытой печати:

- ☐ действующие федеральные и ведомственные документы по организации и проведению мониторинга поверхностных водных объектов;
- ☐ материалы научных публикаций в части экологического благополучия водных экосистем;
- ☐ информация государственного мониторинга Росгидромета по биологическим и химическим показателям загрязненности Цимлянского и Манычских (Пролетарского и Веселовского) водохранилищ, накопленная за многолетний период наблюдений [5-7], а также база данных [3, 4, 8-10].

Вся информация получена с соблюдением требований к проведению режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши Росгидромета [11], в том числе к программам наблюдений, частоте отбора проб и методикам анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Критический анализ существующих методов выявления ЭНБ водных экосистем применительно к водохранилищам

Оценка состояния объектов окружающей среды предусмотрена законодательством России и включает мониторинг поверхностных водных объектов [2]. Как показал анализ информации по методам исследований в части нормирования состояний объектов окружающей среды, в разных областях деятельности обсуждаются различные подходы, методы и критерии выявления состояния экологического неблагополучия (ЭНБ). Во многих случаях вывод об экологическом неблагополучии специалисты делают по любому изменению показателя, если он указывает на ухудшение качества воды, например, по обнаружению синезеленых водорослей или по токсичности воды при биотестировании. Такой вывод, хотя и является обоснованным, не соответствует экосистемному подходу к анализу состояния окружающей среды.

Для оценки состояния должен быть использован интегральный подход, предусматривающий анализ комплекса химико-биологических показателей, что позволит установить стадию нарушений общего состояния водного объекта как экосистемы. Принципы такого подхода уже были предложены нами ранее [12, 13].

Наиболее четкие градации состояний и смысл их выделения в современных условиях были первоначально установлены документом 1992 г. [14]. Согласно документу, экологическая обстановка классифицируется по возрастанию степени экологического неблагополучия: от относительно удовлетворительной к напряженной, кризисной (соответствующей зоне чрезвычайной ситуации) и катастрофической (соответствующей зоне экологического бедствия).

Подход к нормированию состояний экологического неблагополучия, установленный в [14], получил впоследствии развитие в ряде документов, в том числе подготовленных специалистами Гидрохимического института для мониторинга поверхностных водных объектов [15, 16]. Наиболее опасные для экосистем выделены крайние степени неблагополучия – «чрезвычайная экологическая ситуация» (ЧЭС) и «экологическое бедствие» (ЭБ), которым предшествует экологическое напряжение (ЭН). При этом

различные состояния характеризуются различной степенью экологического неблагополучия: ЧЭС рассматривается как угроза нарушений в экосистеме, тогда как ЭБ – необратимые изменения (табл. 1).

Подход к нормированию состояний экологического благополучия продолжает развиваться и используется в различных экологических работах. Так, предложено выделять несколько зон природно-антропогенных экологических нарушений для территорий: зон нормы, риска, кризиса и бедствия [17].

Табл. 1. Характеристика различных состояний экологического благополучия/неблагополучия водных экосистем

Состояния благополучия/неблагополучия экосистем	ОУ	ЭН	ЧЭС	ЭБ
Характеристика состояний	благополучие, отсутствие негативных изменений	переход к неблагополучию	неблагополучие - негативные изменения, угроза нарушений	неблагополучие - необратимые нарушения и изменения

В основу выделения этих зон положено ранжирование нарушений экосистем по глубине и необратимости, а также по динамике негативных изменений (например, годовой скорости развития нарушений состояния). Зона экологической нормы или удовлетворительного (благоприятного) состояния среды – это зона относительной стабильности экосистемы, без заметного снижения продуктивности и устойчивости, при этом концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) ниже ПДК или фоновых значений. Зону риска выделяют путем поиска негативных изменений при сравнении показателей с начальной стадией, зону кризиса – по нарушениям структуры популяций, сужению ареала, нарушениям продуктивности, зону бедствия по исчезновению части ареала или местообитания, массовой гибели животных, резкому росту численности нехарактерных видов и т.д.

В то же время для нормирования состояний водных экосистемы разработаны другие методы. Так, в государственном мониторинге Республике Беларусь градации состояния (статуса) водных экосистем устанавливают по гидробиологическим показателям с выделением статусов качества участка (реки): отличный, хороший, удовлетворительный, плохой, очень плохой [18]. Статусы соотносятся с аналогичными классами качества воды, принятыми в Европе.

В государственном мониторинге Росгидромета согласно [11] используется подход к выявлению ЭНБ, основанный на концепции экологических модификаций. Концепция была разработана проф. Абакумовым В. А. и акад. Израэлем Ю.А. в 90-х годах прошлого столетия и позже получила развитие в ряде документов Росгидромета [11, 19].

Согласно концепции экологических модификаций, основанной на анализе структуры и метаболизма биоценоза, увеличение интенсивности метаболизма биоценоза рассматривается как прогресс в его развитии и соответствует состоянию так называемого «метаболического прогресса»; напротив, снижение интенсивности метаболизма приводит к состоянию метаболического регресса биоценоза. Влияние загрязнения на водные объекты можно выразить через категории экологических градаций, в которых могут находиться экосистемы. При этом по мере роста антропогенной нагрузки на водные экосистемы и загрязненности происходят последовательные изменения их состояния.

В зависимости от нагрузки по мере ее нарастания выделены следующие последовательные градации состояний: 1) экологическое благополучие, 2) антропогенное экологическое напряжение, 3) антропогенный экологический регресс, 4) антропогенный метаболический регресс. Из перечня состояний следует, что кроме состояния 1, остальные отнесены к экологически неблагополучным.

Согласно концепции, снижение уровня загрязненности приводит к возвращению биоценоза к устойчивому состоянию (экологическому прогрессу). Таким образом, последняя градация – состояние метаболического регресса, носит обратимый характер, но представляет собой угрозу для водной экосистемы. В то же время, по характеристикам состояний трудно определить, какое из них является свершившимся негативным событием, которое необратимо, т.е. представляет собой гибель водной экосистемы. Гибель водных объектов иногда наблюдается на практике, например, гибель Аральского моря, пересыхание степных рек Приазовья летом.

Анализ состояния и загрязненности водных экосистем выполняется в мониторинге Росгидромета по двум направлениям: результатам гидробиологических наблюдений и характеристикам экологических модификаций. Несомненно, применение двойного подхода к оценке качества поверхностных вод – гидробиологических методов и метода экологических модификаций – дает возможность наиболее объективно и всеобъемлюще охарактеризовать состояние поверхностных водных объектов суши, как отмечено в [7]. Однако в доступных источниках мы не встретили информации об использовании метода экологических модификаций для принятия управленческих решений или разработки мероприятий по реабилитации водохранилищ. Метод не позволяет четко установить, какой этап модификаций является необратимым, т.е. угрозой для экосистемы.

Данные многолетней обобщенной информации для анализа экологического благополучия водных экосистем Цимлянского и Манычских водохранилищ по показателям биотической и абиотической компонент экосистем

Согласно критериям, установленным действующими нормативно-методическими документами Росгидромета [15, 16], собрана и проанализирована информация о проявлениях экологического неблагополучия состояния водной экосистемы Цимлянского и Манычских водохранилищ.

На водохранилищах выявлены состояния экологического неблагополучия: экологического напряжения, чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия (ЭН, ЧЭС и ЭБ соответственно). Ряд характеристик состояния водохранилищ в отдельные годы и по отдельным показателям был отнесен к относительно удовлетворительному состоянию (ОУ).

Выделены показатели состояния водохранилищ по биотической и абиотической компонентам для использования в оценке экологического благополучия и выявления неблагополучия.

Необходимо отметить, что количество информации мониторинга Росгидромета отличается по водохранилищам. По биотической компоненте наблюдения охватывали периоды: по традиционным гидробиологическим показателям на Цимлянском водохранилище – 1984–1991 гг. (с 1992 г. наблюдения прекращены), на Манычских водохранилищах – 2006–2011 гг. (с 2012 г. наблюдения были существенно сокращены). Исследования по биотестированию токсичности воды и донных отложений на дафниях и хирономидах, проводились в экспедициях Гидрохимического института в течение – 2009–2014 гг. (таблица 2). В таблицах использованы обозначения и сокращения, применяемые в мониторинге Росгидромета.

Табл. 2. Показатели биотической компоненты, использованные для выявления состояний экологического благополучия/неблагополучия экосистем водохранилищ

№№	Показатели	№№	Показатели
1	Класс качества воды по планктонным показателям	7	Концентрация хлорофилла «а» (среднегодовая), мкг/ дм ³
2	Индекс сапробности по Пантле и Букку	8	Площадь зоны «цветения» (% от общей)
3	Класс загрязненности по БИ, И Г-У, *	9	Трофность по фитопланктону
4	Макрозообентос: биомасса, г/м ²	10	Сапробность вод
5	Фитопланктон, биомасса мг/дм ³	11	Токсичность воды в биотесте на дафниях
6	Роль синезеленых в фитопланктоне: а) доля в общей биомассе, %; б) пробы с синезелеными за многолетний период, %	12	Токсичность донных отложений при биотестировании на хирономидах или на дафниях за 96 ч

По абиотической компоненте наблюдения проводились регулярно по традиционному набору химических показателей. В абиотическую компоненту включены показатели: классы качества воды и загрязненности по физико-химическим параметрам, содержанию ЗВ 1-2 и 3-4 классов опасности, биогенных соединений и органических веществ, частота превышений ПДК в году и др. (табл. 3)

Табл. 3. Показатели абиотической компоненты, использованные для выявления состояний экологического благополучия/неблагополучия экосистем водохранилищ

№№ п.п.	Показатели	№№ п.п.	Показатели
1	Класс качества воды по УКИЗВ	9	Концентрация азота нитратов, мг/дм ³
2	Значение УКИЗВ*	10	Концентрация фосфора минерального, мг/дм ³
3	Частота превышений ПДК в году, %	11	ОВ (по ХПК и БПК ₅)*
4	Минерализация, мг/дм ³	12	Частота превышений ПДКпо ХПК и БПК ₅
5	Вещества I и II классов опасности	13	Концентрация растворенного кислорода, мг/дм ³
6	Вещества III и IV классов опасности	14	Концентрация взвешенных веществ
7	Концентрация азота аммония, мг/дм ³	15	рН (реакция среды)*
8	Концентрация азота нитритов, мг/дм ³	16	Пленка на поверхности воды*
Примечание.* Используются сокращения, принятые в мониторинге Росгидромета: УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды; ОВ – органические вещества; ХПК – химическое потребление кислорода; БПК ₅ – биохимическое потребление кислорода			

В тех случаях, когда оценки по разным показателям не совпадали, окончательное заключение о степени экологического неблагополучия делали по наихудшему результату. Наиболее существенными считали признаки, указывающие на значительное ухудшение состояния водной экосистемы, вплоть до угрозы ее деградации (ЧЭС) или необратимые негативные изменения (ЭБ).

Как видно из таблиц 2 и 3, общее число анализируемых показателей составило: по биотической компоненте – 12, по абиотической – 16. При этом по водохранилищам число рассмотренных показателей отличается в связи с различием в программах наблюдений.

Наиболее значимые показатели формирования экологического неблагополучия по относительной частоте выявления случаев ЭН, ЧЭС и ЭБ за многолетний период

Показатель относительной частоты рассчитан как доля каждого состояния в процентах от общего числа выделенных состояний благополучия и неблагополучия, т.е. суммы состояний ОУ, ЭН, ЧЭС и ЭБ. Сравнение относительной частоты выявления случаев экологического неблагополучия за многолетний период для южных водохранилищ позволило определить значимость каждой группы показателей в формировании состояния их экологического неблагополучия (табл. 4).

Значимость компонент и показателей в формировании каждого из состояний различны, что выявляется уже при ОУ-состоянии: на Цимлянском водохранилище оно чаще определяется по абиотической компоненте, чем по биотической, на Манычских водохранилищах, наоборот, чаще по биотической.

Признаки ЧЭС чаще определяются по абиотической компоненте, чем по биотической на всех водохранилищах. В формировании проявлений ЭБ роль абиотической компоненты одинакова для всех водохранилищ, тогда как биотическая компонента определяет формирование ЭБ только в Цимлянском водохранилище. Параметры биологических показателей свидетельствуют об относительной стабильности биотической компоненты водной экосистемы Манычских водохранилищ.

Табл. 4. Сравнение относительной частоты проявлений экологического неблагополучия Цимлянского и Манычских водохранилищ по показателям абиотической и биотической компоненты водной экосистемы за многолетний период

Группы показателей для Цимлянского/Манычских водохранилищ	Общее число учтенных показателей*	Частота выявления состояний, доля в % от их общего числа			
		ОУ	ЭН	ЧЭС	ЭБ
Абиотическая компонента: физико-химические показатели	16/14	44/43	44/64	62/64	50/50
Биотическая компонента: биологические показатели	13/13	23/77	38/69	38/38	54/0

Примечание: (ОУ – относительно удовлетворительное состояние; ЭН – состояние экологического напряжения; ЧЭС- состояние чрезвычайной экологической ситуации; ЭБ-состояние экологического бедствия)* по критериям и параметрам документа [16].

Интересно, что влияние абиотической компоненты более выражено, чем биотической, и сходно (в процентах) для Цимлянского и Манычских водохранилищ; по сравнению с относительно удовлетворительным состоянием оно увеличивается по мере нарастания негативных изменений. Роль биотической компоненты по мере ухудшения состояния водной экосистемы Цимлянского водохранилища возрастает, на Манычских, напротив, снижается. В целом – по обоим компонентам – состояние водной экосистемы Цимлянского водохранилища нарушено в большей степени чем Манычских.

Возможность использования наиболее значимых показателей формирования экологического неблагополучия для планирования мероприятий по реабилитации водохранилищ

Формирование экологического неблагополучия прослеживается при сравнении долей значимых показателей на Цимлянского и Манычских водохранилищах, которые вошли в таблицу 4, а именно:

- ОУ-состояние: на Цимлянском водохранилище чаще определяется по абиотической компоненте, чем по биотической, на Манычских водохранилищах, наоборот, чаще по биотической;

- ЭН более выражено на Манычских водохранилищах, причем по абиотической компоненте;
- признаки ЧЭС на всех водохранилищах, чаще определяются по абиотической компоненте, чем по биотической, но на Манычских они более устойчивы на всех этапах формирования неблагополучия;
- ЭБ определяется по биотической компонентой только в Цимлянском водохранилище, причем по мере ухудшения состояния водной экосистемы Цимлянского водохранилища влияние биотической компоненты возрастает, на Манычских, напротив, снижается.

Для Цимлянского и Манычских водохранилищ влияние абиотической компоненты на формирование неблагополучия более выражено, чем биотической. Однако нельзя не отметить, что ЭБ на Манычских водохранилищах выявляется только по абиотической компоненте, т.е. по химическим показателям. Гидробиологические показатели не отражаются на формировании ЭБ.

Интегральные покомпонентные показатели, которые указывают на неблагополучие до формирования необратимых нарушений (ЭБ), т.е. на этапе угрозы для экосистемы, могут быть «рычагом» для управления качеством воды водохранилищ и использоваться для планирования мероприятий по реабилитации.

ВЫВОДЫ

Проведен критический анализ существующих методов выявления ЭНБ водных экосистем применительно к водохранилищам. Показано, что существует несколько принципиально разных подходов. Основные из них базируются на экосистемном подходе, но отличаются по набору показателей состояния и загрязненности водных экосистем. Один – основан на концепции экологических модификаций с анализом структуры сообществ и характеристике метаболизма экосистем, другие – на анализе химико-биологических показателей и параметров состояния и загрязненности экосистем.

По многолетней обобщенной информации подготовлены данные по показателям биотической и абиотической компонент водной экосистемы для выявления экологического неблагополучия состояния и загрязненности Цимлянского и Манычских водохранилищ. Выделены наиболее значимые показатели формирования экологического неблагополучия по относительной частоте выявления случаев ЭН, ЧЭС и ЭБ за многолетний период в общей сумме случаев ЭБН. Результаты сравнительного анализа состояния водохранилищ позволили определить показатели экологического неблагополучия для использования в разработке мероприятий по реабилитации Цимлянского и Манычских водохранилищ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ ((с изменениями и дополнениями, внесенными в текст согласно Федеральным законам)
2. Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 №74-ФЗ (с изменениями и дополнениями, внесенными в текст согласно Федеральным законам).
3. Мартышева Н.А., Хоружая Т.А. Особенности «цветения» воды Цимлянского водохранилища сине-зелеными микроводорослями // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2017. №2. С.136-141.
4. Хоружая Т.А., Л.И.Минина. Оценка экологического состояния Цимлянского, Пролетарского и Веселовского водохранилищ» // Метеорология и гидрология. 2017. №5. С.116-122.

5. Качество поверхностных вод РФ по гидробиологическим показателям. Ежегодники. Обнинск: ВНИИГМИ МЦД, 2004-2014 гг.
6. Ежегодники. Качество поверхностных вод Российской Федерации. СПб.: Гидрометеиздат, 2003-2014 гг.
7. Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России (по гидробиологическим показателям) / Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля» М. 2020. 167 с.
8. База данных «Биологические показатели состояния, загрязненности и токсичности воды Веселовского водохранилища за многолетний период (2004-2016 гг.)» / Хоружая Т.А., Трофимчук М.М., Мартышева Н.А. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019620382. Правообладатель: ФГБУ «ГХИ».
9. Хоружая Т.А., Юрасова Е.Б. Оценка токсичности природных вод Пролетарского и Веселовского водохранилищ / Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. Материалы научной конференции (с международным участием). 8-10 сент. 2015 г. Ростов-на-Дону. Ч 2. 2015. С.145-148.
10. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Мартышева Н.А. Современные характеристики и тенденции многолетних изменений эколого-токсикологического состояния Цимлянского водохранилища // Метеорология и гидрология. 2012. №4. С. 75-85.
11. РД.52.24.309-2016 Организация и проведение наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. 107 с.
12. Хоружая Т.А. Интегральный подход к оценке экологического благополучия водохранилищ по комплексу биологических и физико-химических показателей // Modern scientific researches. Минск, Республика Беларусь. Выпуск №7. 2019. С.19-27.
13. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Роль биотической и абиотической компонент водной экосистемы в формировании экологического неблагополучия Цимлянского и Манычских водохранилищ // Водные ресурсы. Т. 46. № 5. 2019. С. 544-554.
14. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия // Зеленый Мир. Российская экологическая газета. 1994. № 12. 8 с.
15. Р 52.24.756-2011 Рекомендации. Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях (в случаях загрязнения). Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2011. 37 с.
16. Р 52.24.763-2012. Оценка состояния пресноводных экосистем по комплексу химико-биологических показателей. Ростов-на-Дону, 2012. 22 с.
17. Учебное пособие по экологической экспертизе и проектированию. Ханты-Мансийский АО – Югра. Ханты-Мансийск . ЮГУ. Электронная версия. ZIP архив. 2017 г.
18. ТКП 17.13-10-2013 (02120). Технический кодекс установившейся практики. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем/Минприроды Республики Беларусь. Минск. 13 с.
19. РД 52.24.633-2002 Методические указания. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем.

**НАКОПЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ПЛЕЙСТОФИТОМ *HYDROCHARIS MORSUS-RANAE* L.
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Ширяев Г.И., Новиков П.Е., Малева М.Г., Борисова Г.Г.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого Президента
России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: schiriaev.grisha@yandex.ru

Ключевые слова: плавающий макрофит, токсическая нагрузка, аккумуляция металлов, транслокационный фактор, биомониторинг, фиторемедиация.

*Представлены результаты оценки аккумулятивной способности плейстофита *Hydrocharis morsus-ranae* L. (водокрас лягушачий или обыкновенный) по отношению к тяжелым металлам в условиях длительного загрязнения. Проведен сравнительный анализ двух локальных популяций *H. morsus-ranae* (фон и импакт) по содержанию металлов в листьях и корнях, коэффициентам биологического накопления и значениям транслокационного фактора. В большинстве случаев содержание металлов в корнях *H. morsus-ranae* было выше, чем в листьях. Уровень накопления металлов в листьях и корнях плавающего макрофита коррелировал с их концентрациями в пробах воды. Сделано заключение о перспективах использования данного вида при биомониторинге водных объектов, загрязненных металлами, и ризофильтрации поверхностных и сточных вод.*

**ACCUMULATION OF METALS BY PLEISTOPHYTE
HYDROCHARIS MORSUS-RANAE L. UNDER TECHNOGENIC IMPACT**

Shiryayev G.I., Novikov P.E., Maleva M.G., Borisova G.G.

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russiae-mail:
schiriaev.grisha@yandex.ru

Keywords: floating macrophyte, toxic load, metal accumulation, translocation factor, biomonitoring, phytoremediation

*The results of assessing the accumulative capacity of the pleistophyte *Hydrocharis morsus-ranae* L. (common frog's bit) in relation to heavy metals under conditions of prolonged impact are presented. A comparative analysis of two local populations of *H. morsus-ranae* (background and impact) by the metal content in the leaves and roots, the coefficients of biological accumulation and the values of the translocation factor were carried out. In most cases, the metal content in the roots of *H. morsus-ranae* was higher than in the leaves. The level of metal accumulation in the leaves and roots of a floating macrophyte correlated with their concentrations in water samples. The conclusion about the prospects of using this species in the bio/monitoring of water bodies contaminated with metals and rhizo/filtration of surface and waste water was made.*

Водные макрофиты играют важную роль в биогеохимических циклах тяжелых металлов (ТМ) и питательных веществ [1, 2]. Многие водные растения из-за высокой аккумулятивной способности по отношению к различным элементам, в том числе ионам ТМ, находят широкое применение в качестве биомониторов состояния водных экосистем [3].

Проблема загрязнения окружающей среды металлами особенно актуальна для промышленных регионов, включая Уральский регион, вследствие геохимических особенностей и активной деятельности горнодобывающих предприятий.

Лучшее понимание биогеохимических процессов, происходящих при участии водных макрофитов, является основой для восстановления экологического состояния гидроэкосистем и снижения рисков для здоровья.

В качестве объекта исследования выбран плейстофит семейства Hydrocharitaceae Juss. – *Hydrocharis morsus-ranae* L. (водокрас лягушачий, или обыкновенный). Это многолетнее, космополитное, свободноплавающее растение с многочисленными корнями, не закрепляющимися в субстрате. Листья с двумя прилистниками у основания черешка. Пластика листа округлая, в основании широкосердцевидная [4]. Растение обладает высокой скоростью роста и вегетативного размножения, предпочитает воду, богатую кальцием, лучше всего растет в местообитаниях со слабым течением, таких как болота, речные заводи, озера и водохранилища [3].

Цель исследования – выявление особенностей накопления тяжелых металлов в разных органах *H. morsus-ranae* в условиях техногенной нагрузки.

Отбор образцов поверхностных вод, седиментов и растительного материала проводили на территории Челябинской области в середине июля 2018–2019 гг. на двух участках: фоновом и импактном.

В качестве фонового использовали прибрежно-водный участок оз. Иртыш. Это озеро-водохранилище расположено на восточном склоне Южного Урала в Каслинском районе Челябинской области и входит в систему Каслинско-Кыштымских озер.

В качестве импактного участка была выбрана заводь реки Егоза, которая является левым притоком р. Кыштым и относится к Иртышскому бассейновому округу. Длина реки составляет 17 км. Устье реки находится в Городском пруду города Кыштым. На его территории располагается ряд предприятий, таких как АО «Кыштымский медэлектродный завод», АО «Кыштымское машиностроительное объединение». В результате выбросов загрязняющих веществ предприятиями в атмосферу загрязняющие вещества распространяются в окрестностях города.

Содержание ТМ в поверхностных водах, седиментах и растительном материале (корни, черешки, листья *H. morsus-ranae*) определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой после мокрого озоления 70 % HNO₃ (осч). В качестве интегрального показателя загрязнения воды и седиментов использовали суммарный индекс токсической нагрузки (Si), который рассчитывали по формуле [5]: $Si = (1/n) \sum (Ci/C_{фон})$, где Ci – концентрация металла в воде/седиментах загрязненного участка, $C_{фон}$ – концентрация металла в воде/седиментах фонового участка, n – число исследованных металлов. Значение рН и удельной электропроводности поверхностных вод определяли с помощью рН-метра/кондуктометра (Hanna Instruments, Germany).

Для оценки накопления ТМ растениями использовали коэффициент биологического накопления (КБН), рассчитанный как отношение содержания металла в корнях/листьях растений к его содержанию в поверхностных водах. Значение транслокационного фактора (ТФ) металлов из корней в черешок рассчитывали, как отношение содержания металла в черешке к его содержанию в корнях, а из черешка в лист – как отношение содержания металла в листьях к его количеству в черешках.

Суммарный индекс токсической нагрузки на импактном участке (р. Егоза) рассчитывали по содержанию семи металлов (Zn, Fe, Mn, Co, Pb, Cu и Ni). Для поверхностных вод он составлял 2,3, а для седиментов – 1,9. При этом в воде увеличивалось содержание таких металлов, как Fe, Mn и Ni (в среднем в 4 раза), а в седиментах – Ni и Pb (в среднем в 3 раза). Содержание Co в загрязненной воде по сравнению с фоном также возрастало в несколько раз, но оставалось незначительным относительно других элементов (2,0 мкг/л). Удельная электропроводность водной среды на импактном участке была в 1,4 раза выше, чем на фоновом, в то время как по значению рН поверхностные воды исследованных участков достоверно не отличались (среда нейтральная).

По содержанию изученных ТМ в листьях *H. morsus-ranae* как на фоновом, так и импактном участках была выявлена следующая закономерность (рисунок): $Mn > Fe > Zn > Ni > Cu > Pb > Co$. Сходное распределение было характерно и для корней. В наименьших количествах в тканях *H. morsus-ranae* содержался Co, поскольку в пробах вод на исследованных участках его концентрация была незначительной. В большинстве случаев содержание ТМ в

корнях *H. morsus-ranae* было выше, чем в листьях, что показано и другими авторами [6]. Исключение составил цинк (у растений из оз. Иртяш) и марганец (у растений из р. Егоза).

На импактном участке растения *H. morsus-ranae* накапливали значительно большее количество ТМ, чем на фоновом участке (рисунок). Наибольшие различия между участками проявлялись по содержанию в листьях марганца (в 15 раз) и железа (в 6 раз). Данный факт объясняется повышенными концентрациями этих металлов в пробах воды из р. Егозы: их содержание в среднем в 4,5 раза превышало предельно допустимые значения для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Более того, содержание Mn в листьях макрофита на импактном участке существенно (более чем в 5 раз) превышало токсичный уровень, отмеченный для большинства растений [7]. Положительная корреляция между концентрациями ТМ в поверхностных водах и их содержанием в органах *H. morsus-ranae* была отмечена и другими авторами [3, 8–10]. Следовательно, данный вид может эффективно использоваться при биомониторинге загрязнения водных объектов металлами.

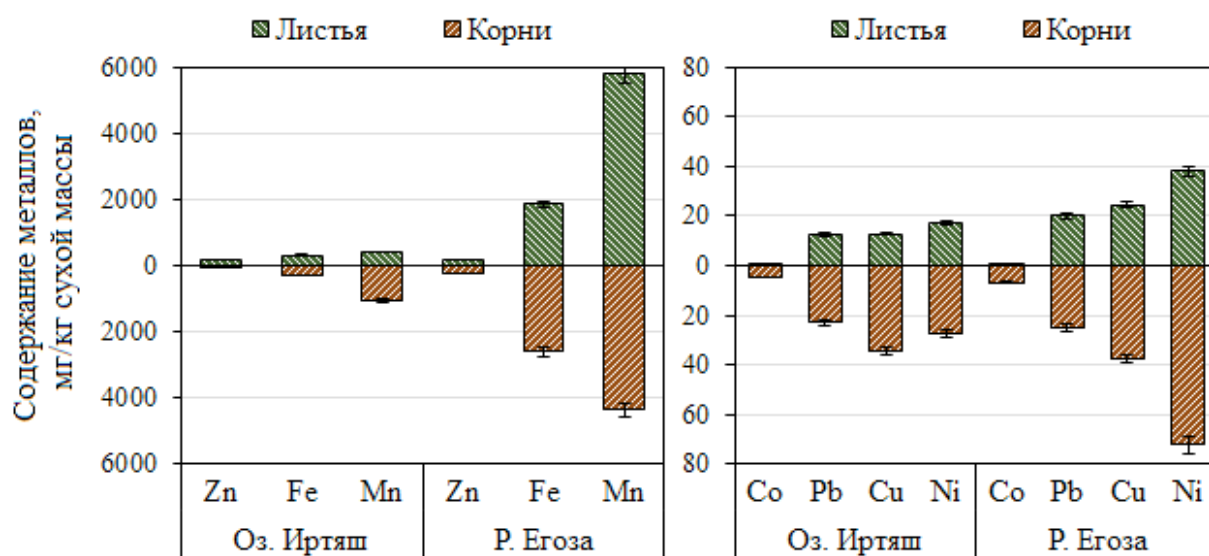


Рис. Содержание металлов в листьях и корнях *H. morsus-ranae*.

Как на фоновом, так и импактном участках, наибольшими значениями КБН выделялся марганец (табл. 1). Эта особенность была характерна для корней и листьев. Однако у *H. morsus-ranae* из оз. Иртяш величина КБН в отношении Mn в корнях была в 2,8 раза выше, чем в листьях, в то время как на импактном участке была отмечена обратная тенденция.

Табл. 1. Значения коэффициента биологического накопления (КБН) металлов в листьях и корнях *H. morsus-ranae*

Металл	оз. Иртяш		р. Егоза (заводь)	
	КБН, листья	КБН, корни	КБН, листья	КБН, корни
Zn	5705	3748	2507	4518
Fe	3137	3253	3499	4983
Mn	20280	57430	133189	101380
Co	722	10222	417	3271
Pb	2315	4222	6800	8367
Cu	661	1764	1051	1607
Ni	1922	2944	1418	2678

Достаточно высокая аккумулятивная способность *H. morsus-ranae* была выражена также по отношению к таким ТМ, как Zn, Fe и Pb. Имеются данные о способности этого макрофита накапливать в своих тканях Co [9]. Это подтверждается и результатами нашего исследования: несмотря на низкое содержание этого металла в растении (особенно в листьях) коэффициент биологического накопления составил в среднем 3658. В большинстве случаев минимальные значения КБН у изученных растений были отмечены по отношению к Cu.

Высокая аккумулятивная способность *H. morsus-ranae* по отношению к таким металлам, как Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cu была показана и другими исследователями [3, 8–10]. Более того, Polechońska и Dambies обнаружили [3], что содержание Mn, Fe и Cu в листьях *H. morsus-ranae* превышало средний уровень, отмеченный для других плавающих макрофитов, даже на участках, где содержание этих элементов в воде и седиментах было ниже геохимического фона. Это свидетельствует об активном накоплении ТМ данным видом и возможности его использования для фиторемедиации водных объектов.

По всем изученным металлам, за исключением цинка, значения ТФ из корней в черешок были ниже 1 (табл. 2), что является отражением преимущественного накопления ТМ в корнях растений. Что касается транслокации из черешка в лист, в большинстве случаев значения ТФ ≥ 1 , что свидетельствует об отсутствии или недостаточной развитости барьерных механизмов на границе черешок–лист. Как известно, у большинства плавающих и погруженных макрофитов слабо развиты механические и проводящие ткани [2], что не позволяет растению в должной степени регулировать процессы поглощения и транслокации даже токсичных элементов. Следует отметить, что для большинства металлов на импактном участке происходило увеличение значений ТФ в сравнении с фоном, что еще раз подтверждает сделанное нами предположение о слабом развитии барьерных механизмов у *H. morsus-ranae*.

Табл. 2. Значения транслокационного фактора (ТФ) металлов из корня в черешок и из черешка в лист у *H. morsus-ranae*

Металлы	Оз. Иртяш		Р. Егоза (заводь)	
	ТФ, корни→черешок	ТФ, черешок→лист	ТФ, корни→черешок	ТФ, черешок→лист
Cu	0,58	0,64	0,70	0,93
Ni	0,37	1,44	0,70	0,93
Zn	1,15	1,33	0,86	0,65
Mn	0,51	0,69	0,96	1,37
Pb	0,33	1,67	0,74	1,08
Fe	0,83	1,16	0,65	1,07
Co	0,04	1,58	0,09	1,40

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать вывод, что плейстофит *Hydrocharis morsus-ranae* обладает высокой аккумулятивной способностью по отношению к металлам, особенно Mn и Fe, большее количество которых накапливается в корнях. При повышенных техногенных нагрузках в большинстве случаев накопление металлов в органах макрофита возрастало. Следовательно, данный вид может эффективно использоваться как при ризофильтрации поверхностных и сточных вод при умеренных уровнях загрязнения, так и при биомониторинге водных объектов, загрязненных металлами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокин К.А. Экология высших водных растений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 160 с.
2. Ипатова В.И. Адаптация водных растений к стрессовым абиотическим факторам среды. М.: Изд-во ООО «Графикон-принт», 2005. 224 с.

3. *Polechońska L., Dambiec M.* Heavy metal accumulation in leaves of *Hydrocharis morsus-ranae* L. and biomonitoring applications // Civil and Environmental Engineering Reports. 2014. V. 12. № 1. P. 95–105.
4. *Лисицына Л.И., Папченко В.Г.* Флора водоемов России: Определитель сосудистых растений. М.: Наука, 2000. 237 с.
5. *Bezel V.S., Zhuikova T.V., Pozolotina V.N.* The structure of dandelion cenopopulations and specific features of heavy metal accumulation // Russian Journal of Ecology. 1998. Vol. 29. № 5. P. 331–337.
6. *Galczyńska M., Mańkowska N., Milke J., Buśko M.* Possibilities and limitations of using *Lemna minor*, *Hydrocharis morsus-ranae* and *Ceratophyllum demersum* in removing metals with contaminated water // Journal of Water and Land Development. 2019. № 40. P. 161–173.
7. *Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B.* Trace elements from soil to human. Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. 550 с.
8. *Polechońska L., Samecka-Cymerman A.* Bioaccumulation of macro- and trace elements by European frogbit (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) in relation to environmental pollution // Environmental Science and Pollution Research. 2016. Vol. 23. P. 3469–3480.
9. *Polechońska L., Samecka-Cymerman A., Dambiec M.* Changes in growth rate and macroelement and trace element accumulation in *Hydrocharis morsus-ranae* L. during the growing season in relation to environmental contamination // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Vol. 24. P. 5439–5451.
10. *Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Жадько С.В.* Минимальное и максимальное накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью водоемов вблизи промышленного центра г. Речица // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №2 (15). С. 99–109. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/daineko-timofeev-zhadko> (дата обращения 15.02.2017).

**ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ *ELODEA CANADENSIS* НА ДЕЙСТВИЕ
ВОЗРАСТАЮЩИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО-
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Щукина Д.А., Иванова Т.С., Малева М.Г., Борисова Г.Г.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: postnikdaria@rambler.ru

Ключевые слова: СПАВ, детергенты, моющее средство «Fairy», элодея канадская, фитотоксичность, удельная электропроводность, выход электролитов, общий азот и фосфор

*В модельных условиях проведено исследование фитотоксических эффектов моющего средства «Fairy», содержащего синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Изучены ответные реакции погруженного макрофита *Elodea canadensis* Michx. (выход электролитов, содержание общего азота и фосфора) на действие «Fairy» в градиенте концентраций (0,5 %, 1,0 % и 5,0 %). Показано, что добавление детергента в дистиллированную воду повышало величину удельной электропроводности и значение pH среды. Под действием возрастающих концентраций «Fairy» у *E. canadensis* повышался уровень выхода электролитов из клеток и снижалось содержание общего азота и фосфора в побегах. С увеличением концентрации СПАВ наблюдалось усиление фитотоксических эффектов.*

**RESPONSES OF *ELODEA CANADENSIS* TO THE EFFECT OF INCREASING
CONCENTRATIONS OF SYNTHETIC SURFACE ACTIVE SUBSTANCES**

Shchukina D.A., Ivanova T.S., Maleva M.G., Borisova G.G.

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
e-mail: postnikdaria@rambler.ru

Keywords: surfactants, detergents, dish detergent «Fairy», *Elodea canadensis*, phyto/toxicity, electrical conductivity, electrolytes output, total nitrogen and phosphorus.

*The phyto/toxicity of surfactant-containing dish detergent «Fairy» has been studied in model solutions. The responses of the submerged macrophyte *Elodea canadensis* Michx. (electrolyte output, total nitrogen and phosphorus content) to impact from «Fairy» were studied in concentrations of 0.5%, 1.0%, and 5.0%. It was shown that the addition of detergent to distilled water increased the value of the electrical conductivity and the pH value of the medium. The level of electrolyte output increased and the content of total nitrogen and phosphorus decreased in *E. canadensis* under the influence of «Fairy». An increase in phytotoxic effects was observed with an increase in the concentration of dish detergent.*

Широкомасштабное использование моющих средств, или детергентов, способно оказывать сильное воздействие на водные экосистемы. Одним из важнейших компонентов моющих средств являются синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), чья концентрация в сточных водах с каждым годом только увеличивается [1]. По сравнению с другими ксенобиотиками СПАВ медленнее разрушаются в окружающей среде, в связи с чем многие водные объекты характеризуются их повышенным содержанием [2].

На современном этапе развития химической промышленности анионные СПАВ получили наибольшее распространение: их доля в сточных водах во многих странах составляет около 65 % от всех сбрасываемых детергентов [3]. Поступление в

гидроэкосистемы анионных СПАВ в значительном количестве вызывает необходимость изучения их токсического влияния на гидробионты.

На сегодняшний день не существует единого мнения о фитотоксичности СПАВ. Известно, что на токсичность СПАВ влияет целый ряд абиотических и биотических факторов среды. К абиотическим факторам относятся такие, как физико-химические свойства воды (рН, жесткость, содержание растворенного кислорода и взвешенных веществ) и физико-химические свойства самих СПАВ (тип, размер алифатической цепи, абсорбционная способность и концентрация). К биотическим факторам обычно относят [4–7]: возраст особей видов, испытывающих действие СПАВ, степень чувствительности, адаптация к низким концентрациям детергента.

К настоящему времени накоплены данные, свидетельствующие о негативном воздействии СПАВ на разные группы гидробионтов [8–10]. Тем не менее, многие исследователи не относят детергенты к числу опасных загрязнителей, поскольку механизмы их токсического действия на живые организмы изучены недостаточно.

Цель работы – выявление ответных реакций *Elodea canadensis* Michx. на действие возрастающих концентраций анионных СПАВ, входящих в состав моющего средства «Fairy».

Погруженное водное растение *E. canadensis* (элодея канадская) относится к числу активно расселяющихся представителей адвентивной фракции флоры. На территории России этот макрофит является одним из самых широко распространенных инвазивных видов [11]. Растение хорошо адаптировано к широкому спектру условий окружающей среды и содержит аллелохимические вещества, которые активны против аборигенных видов. При этом благодаря наличию высокой тирозиназной, лактазной и пероксидазной активности и способности к быстрому размножению данный вид может выступать в роли биоремедиатора загрязненных водных экосистем [12, 13].

Отбор растительного материала осуществляли в сентябре 2020 г. из пруда Авиатор (Свердловская область, г. Екатеринбург). Побеги элодеи канадской помещали на 24 часа в модельные сосуды (объемом 2 л), наполненные дистиллированной водой с добавлением СПАВ-содержащего моющего средства «Fairy» в концентрациях 0,5%, 1,0% и 5,0%. Согласно информации производителя, в его состав входит до 15% анионных СПАВ, в то время как на неионогенные СПАВ приходится менее 5%. Контролем являлись растения, инкубированные на дистиллированной воде без добавления «Fairy».

Значение рН и удельной электропроводности водной среды определяли с использованием рН-метра/кондуктометра (Hanna Instruments, Germany) в начале эксперимента и через сутки. Степень повреждения клеток под действием СПАВ определяли кондуктометрическим методом по величине выхода электролитов из клеток побегов элодеи [14]. Содержание общего азота и фосфора в побегах *E. canadensis* определяли стандартным колориметрическим методом после мокрого озоления растительного материала смесью кислот – $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4$ (10:1). Определение общего азота проводили с реактивом Несслера, а общего фосфора – с молибдатом аммония в кислой среде.

В результате проведенных исследований установлено, что удельная электропроводность раствора коррелировала с концентрацией «Fairy» в среде ($r = 0,95\text{--}0,97$). При этом через сутки она была немного выше, чем исходная (табл. 1). В модельных системах с растениями электропроводность среды была достоверно выше. Вероятно, это связано с увеличением выхода электролитов через нарушенные мембраны клеток.

Величина водородного показателя раствора (рН) также зависела от концентрации «Fairy». Через сутки значения рН среды изменялись незначительно. Существенного влияния на кислотность среды растения не оказывали. Однако во всех случаях растворы с добавлением СПАВ-содержащего средства отличались повышенной величиной рН по сравнению с контролем.

Одним из проявлений ответных реакций клеток на любое внешнее воздействие является изменение проницаемости плазмалеммы и увеличение диффузии органических и минеральных веществ во внешнюю среду [14]. Выявлено, что под действием СПАВ-

содержащего средства у *E. canadensis* повышался уровень выхода электролитов из клеток (рис. 1). Также отмечена линейная зависимость интенсивности выхода электролитов из клеток элодеи от концентрации «Fairgu» в растворе. При максимальной концентрации СПАВ (5,0%) выход электролитов увеличивался в 23 раза от контроля. Вероятно, данный процесс связан с доказанной способностью СПАВ вызывать повреждения структуры мембран, что приводит к нарушению их нормального функционирования [15].

Табл. 1. Изменение удельной электропроводности и величины рН среды в течение суток при добавлении возрастающих концентраций СПАВ

Вариант опыта	Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{см}$			Величина рН		
	Исходная	Через сутки		Исходная	Через сутки	
		Без растений	С растениями		Без растений	С растениями
Контроль	$1,0 \pm 0,02$	$1,0 \pm 0,02$	$10,1 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,01$	$5,8 \pm 0,01$	$5,6 \pm 0,01$
Fairy 0,5%	$558,2 \pm 12,7$	$560,3 \pm 13,1$	$711,2 \pm 14,0$	$7,3 \pm 0,01$	$6,0 \pm 0,01$	$6,2 \pm 0,02$
Fairy 1,0%	$794,7 \pm 16,9$	$800,0 \pm 17,3$	$965,1 \pm 19,6$	$8,9 \pm 0,02$	$8,5 \pm 0,02$	$8,2 \pm 0,02$
Fairy 5,0%	$1980,1 \pm 39,3$	$2020,2 \pm 40,4$	$2150,2 \pm 43,2$	$9,0 \pm 0,01$	$8,6 \pm 0,01$	$8,5 \pm 0,01$

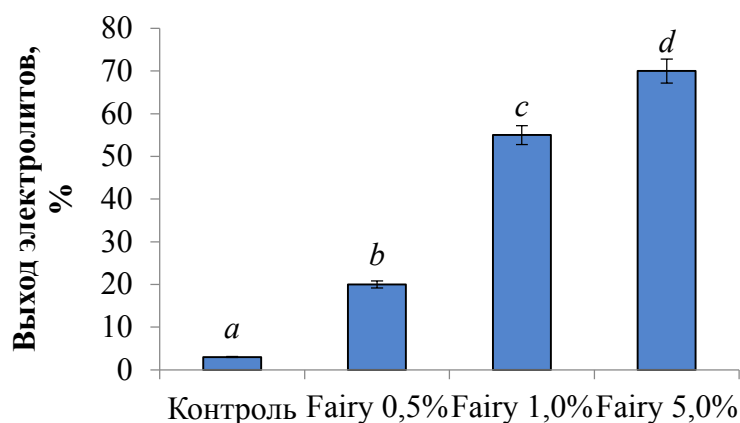


Рис. 1. Выход электролитов из клеток элодеи канадской под действием СПАВ-содержащего средства в градиенте концентраций. Разными буквами обозначены достоверные различия между вариантами при $p < 0,05$.

Установлено влияние СПАВ на содержание общего азота и фосфора в побегах водного макрофита. При инкубировании растений с добавлением «Fairgu» содержание общего азота снижалось в среднем на 20 % по сравнению с контролем (табл. 2). Аналогичная тенденция наблюдалась и по содержанию общего фосфора, которое при инкубировании растений на СПАВ уменьшалось в среднем в 2 раза.

Очевидно, уменьшение общего содержания азота и фосфора в побегах *E. canadensis* вызвано нарушением проницаемости биологических мембран при действии детергента. Не исключено, что одной из причин значительного снижения содержания фосфатов в растениях являются процессы их обмена на анионные компоненты «Fairgu».

Табл. 2. Содержание общего азота и фосфора в побегах *E. canadensis* после инкубирования в среде при добавлении возрастающих концентраций СПАВ

Вариант опыта	Содержание общего азота, % от сухой массы	Содержание общего фосфора, % от сухой массы
Контроль	$4,32 \pm 0,10$	$0,64 \pm 0,03$
Fairy 0,5%	$3,50 \pm 0,07$	$0,37 \pm 0,04$
Fairy 1,0%	$3,46 \pm 0,10$	$0,33 \pm 0,05$
Fairy 5,0%	$3,45 \pm 0,06$	$0,30 \pm 0,05$

Таким образом, адвентивный макрофит *Elodea canadensis* продемонстрировал высокую чувствительность к действию синтетических поверхностно-активных веществ, находящихся в составе моющего средства «Fairy». Установлено, что эти компоненты способны повышать выход электролитов из растительных клеток и вызывать снижение содержания общего азота и фосфора, что может в дальнейшем негативно отразиться на жизнедеятельности растений. С выходом электролитов из клеток связано и увеличение удельной электропроводности среды. Отмечено, что увеличение концентрации СПАВ приводит к усилению их фитотоксичности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
2. Поклонов В.А. Изучение устойчивости пресноводных растений к СПАВ-содержащему смесевому препарату // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2017. № 2(58). С. 28–38.
3. Поклонов В.А., Котелевцев С.В., Остроумов С.А. Фитотоксичность синтетических моющих средств, содержащих поверхностно-активные вещества, при биотестировании на проростках растений // Успехи наук о жизни. 2013. № 6. С. 71–78.
4. Gheorghe S., Lucaciu I., Paun I., Stoica C., Stanescu E. Ecotoxicological Behavior of Some Cationic and Amphoteric Surfactants (Biodegradation, Toxicity and Risk Assessment) // Biodegradation – Life of Science. Rijeka, Croatia: InTech, 2013. P. 83–114.
5. Lewis M.A. Chronic toxicities of surfactants and detergent builders to algae: a review and risk assessment // Ecotoxicology and environmental safety. 1990. № 20(2). С. 123–140.
6. Želimira P., Vidaković-Cifrek Ž, Puntarić D. Toxicity of surfactants to green microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Scenedesmus subspicatus* and to marine diatoms *Phaeodactylum tricornutum* and *Skeletonema costatum* // Chemosphere. 2005. № 61(8). P. 1061–1068.
7. Tomislav I., Hrenović J. Surfactants in the environment // Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. 2010. № 61(1). P. 95–110.
8. Гахраманов С.Г.О., Торгашкова О.Н., Беликов А.С., Никифорова Е.Н. Воздействие водных сред с растворенными СПАВ-содержащими препаратами на водные растения // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2020. № 1. С. 85–89.
9. Макарова И.А. Влияние поверхностно-активных веществ на морфометрические показатели и содержание фотосинтетических пигментов в водных растениях // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Мат-лы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Кн. 1. (г. Киров, 2–3 декабря 2014 г.). Киров: ООО «Веси», 2014. С. 117–119.
10. Остроумов С.А., Соломонова Е.А. Фитотоксичность ПАВ-содержащего препарата для макрофитов // Экологическая химия. 2012. № 21(2). С. 112–116.
11. Vinogradova Y., Pergl J., Essl F., Hejda M., van Kleunen M. REGIONAL CONTRIBUTORS, Pyšek P. Invasive alien plants of Russia: insights from regional inventories // Biological Invasions. 2018. № 20. P. 1931–1943.
12. Erhard D., Pohnert G., Gross E.M. Chemical defense in *Elodea nuttallii* reduces feeding and growth of aquatic herbivorous Lepidoptera // Journal of Chemical Ecology. 2007. Т. 33. № 8. P. 1646–1661.
13. Аниськина М.Б., Яковлева Е.В. Особенности деструкции бенз[а]пирена элодеей канадской в водной среде // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 3. С. 82–88.
14. Грищенко Н.Н., Лукаткин А.С. Определение устойчивости растительных тканей к абиотическим стрессам с использованием кондуктометрического метода // Поволжский экологический журнал. 2005. № 1. С. 3–11.
15. Коваль С.Ф., Шаманин В.П. Растение в опыте. Омск: Омскбланкиздат, 1999. 204 с.

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ,
КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ, ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

ISSUES OF SAFE WATER USE, QUALITY CONTROL, ASSESSMENT
AND MANAGEMENT OF RISKS FOR PUBLIC HEALTH

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ «УМНАЯ ВОДА» ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Войтенков Е.П., Аникин Ю.В.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: anikin-urfu@yandex.ru

Ключевые слова: системы внутреннего водоснабжения и водоотведения, проектирование, программы для проектирования.

В статье обосновано использование современного программного обеспечения в процессе проектирования, представлен обзор программ для проектирования систем внутреннего водоснабжения и водоотведения, отмечены системы и параметры, которые могут быть рассчитаны в программе «УМНАЯ ВОДА», обоснованы преимущества ее применения в учебном процессе и практике реального проектирования.

APPLICATION OF THE SMART WATER PROGRAM FOR DESIGNING INTERNAL WATER SUPPLY AND SANITATION SYSTEMS

Voytenkov Eugeny, Anikin Yuriy

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
e-mail: anikin-urfu@yandex.ru

Keywords: internal water supply and sewerage systems, working process, design programs.

The article substantiates the use of modern software in the working process. An overview of programs for designing internal water supply and sewerage systems is presented. The systems and parameters that can be calculated in the «SMART WATER» program are marked in comparison with similar programs. The advantages of using the program in the working process and practice of real design have been substantiated.

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни использование информационных технологий в процессе проектирования становится все более актуальной задачей. Очевидно, что компьютеризация в области проектирования будет развиваться все больше и больше. Цель данной работы заключается в том, чтобы разобраться в актуальности применения программных методов расчета в рабочем процессе и рассказать об опыте применения подобных программ.

1. Преимущества использования информационных технологий в процессе проектировании.

Е.И. Машбиц в своей книге «Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения» к набору существенных преимуществ использования компьютера в обучении перед традиционными методиками проведения расчетов относил [1]:

1. Информационные технологии значительно расширяют возможности предъявления информации. Применение цвета, графики, звука, всех современных средств видеотехники позволяет повысить понимание выполняемых действий.

2. Использование информационных технологий увеличивает возможности постановки задач и управления процессом их решения. Компьютеры позволяют строить и анализировать модели различных предметов, ситуаций, явлений.

3. Информационные технологии позволяют качественно изменять контроль деятельности сотрудников, обеспечивая при этом гибкость управления рабочим процессом.

4. Программа дает возможность наглядно представить результат своих действий, определить этап в решении задачи, на котором сделана ошибка, и исправить ее.

Становится ясно, что использование технологий, особенно вычислительных программ, будет занимать все больше места в рабочем процессе.

Для эффективности процесса следует выбрать оптимальную программу, удовлетворяющую таким показателям, как: функциональность, удобство интерфейса, доступность. Для выбора программы был проведен обзор.

2. Обзор программ

На сегодняшний день существуют следующие программы расчета внутренних систем водопровода и канализации:

- ☐ WaterSupply,
- ☐ Instal-San T,
- ☐ ProjectStudioCS Водоснабжение,
- ☐ Умная Вода.

WaterSupply и Instal-San T программы – позволяют произвести гидравлический расчет, но обладают старым, непродуманным интерфейсом и слабым функционалом.

ProjectStudioCS Водоснабжение – программа для проведения гидравлического расчета. Данная программа является надстройкой к чертежной программе Autodesk AutoCad. Для того чтобы провести расчет, необходимо построить аксонометрическую схему по определенным правилам. Минусом является то, что программа является платной.

Умная Вода – программа для проектирования систем внутреннего водопровода и канализации зданий. Основная задача программы – выполнение всех необходимых расчетов в соответствии с нормативно-технической документацией (СП 30.13330.2016, СП 10.13130.2009).

В данной программе рассчитываются следующие внутренние системы: хозяйственно-питьевой водопровод, противопожарный водопровод, хозяйственно-противопожарный водопровод, бытовая канализация, дождевая канализация (внутренний водосток). Осуществляется подбор необходимого оборудования и материалов, и вывод его в спецификацию. Расчеты происходят не по таблицам, а по аналитическим формулам, которые наиболее точно описывают физические зависимости (более 200 формул). Предоставляются данные (более 30) по каждому расчетному участку и по всей системе в целом. Моделируется зарастание трубопроводов и, как следствие, увеличение потерь напора. Производится балансировка циркуляционных колец (согласование потерь напора в различных циркуляционных кольцах). Настройки ручных балансировочных клапанов выводятся в отчете. Производится расчет расходов воды для душевых сеток. При изменении любых исходных данных (количество водопотребителей, высота этажа, гарантированный напор, норма жилищного обеспечения и т. п.) автоматически пересчитываются все расчетные данные и автоматически обновляются все отчеты. В личном кабинете сохраняются все данные (документы, в которых происходят расчеты). Программа доступна при подключении к интернету. Выводятся подробные отчеты, которые можно сохранить на компьютере (в форматах xls или doc).

Для сравнения скорости работы с использованием данной программы со скоростью ручного расчета нами была проделана исследовательская работа. Внутренние системы водоснабжения и канализации рассчитаны двумя методами: ручным и с помощью программы «Умная Вода». По результатам проведенной работы можно сделать вывод: на 8 часов ручного расчета приходится 1 час автоматического. Из этого следует, что для уменьшения временных затрат гораздо оптимальнее будет использовать автоматический расчет.

Программа «Умная Вода» позволяет в кратчайшие сроки произвести расчет всех необходимых систем водоснабжения и канализации.

Расчет расходов делается путем выбора потребителя (есть возможность выбрать из разных нормативных документов или создать своего потребителя) и занесения нужных данных, таких как количество водопотребителей, время водопотребления и др. Если производится расчет кафе или ресторана, необходимо ввести количество блюд в час и сутки.

При создании гидравлического расчета необходимо выбрать основного водопотребителя, материалы труб. Затем пользователем в программе создается аксонометрическая схема

Программа проста в использовании и имеет понятный интерфейс (рис. 1), что позволяет освоить ее в короткие сроки. Также в программе можно включать режим «Визуализация» для удобного составления аксонометрической схемы.



№ пп	Наименование участка	193.15						1.189								9.712		10.901			
		Длина участка	Кол-во водоотделителей	Кол-во санитарно-технических приборов	Вероятность действия санитарно-технических приборов	NP	Альфа сечения	Расход секундный	Номинальный (внутренний) диаметр трубопровода	Наружный диаметр Х Толщина стенки	Скорость движения жидкости	Местные потери напора	Линейные потери напора	Общие потери	Напор воды в начале участка	Напор воды в конце участка	Геометрическая высота начала участка	Геометрическая высота конца участка	Высотная отметка начала участка	Высотная отметка конца участка	
																					L, м
	№ уч	L, м	U	N	P	NP	a	Q, л/с	DN, мм	D, мм	V, м/с	hΣ, м	hл, м	hг, м	ИП, м	H1, м	H2, м	H1 geom, м	H2 geom, м	H1, м	H2, м
	Душевая кабина с мелким	1.000	8					0.09	15	20 x 1.9	0.4		0.023	0.023		22.6	21.6	17.4	16.4	17.4	16.4
Уч.6-7		0.700	8	2	0.0397	0.0794	0.317	0.22	15	20 x 1.9	1.1	0.079	0.080	0.080		22.8	22.8	17.4	17.4	17.4	17.4
Уч.5-6		0.700	8	2	0.0397	0.0794	0.317	0.22	15	20 x 1.9	1.1		0.080	0.080		22.9	22.8	17.4	17.4	17.4	17.4
Уч.4-5		0.700	8	3	0.0265	0.0794	0.317	0.22	25	32 x 2.9	0.4	0.018	0.008	0.026		22.9	22.9	17.4	17.4	17.4	17.4
Уч.3-4		0.700	8	5	0.0159	0.0794	0.317	0.22	25	32 x 2.9	0.4	0.009	0.008	0.017		22.9	22.9	17.4	17.4	17.4	17.4
Уч.2-3		0.100	8	6	0.0132	0.0794	0.317	0.22	32	40 x 3.7	0.3	0.003	0.000	0.003		22.9	22.9	17.4	17.4	17.4	17.4
1 этаж в СТБ Уч 1-2		1.000	8	6	0.0099	0.0794	0.317	0.22	32	40 x 3.7	0.3	0.004	0.000	0.004		22.9	22.9	17.4	17.4	17.4	17.4
Эт.6		3.000	8	6	0.0099	0.0794	0.317	0.22	20	26.8 x 2.8	0.8	0.015	0.280	0.295		26.2	22.9	14.4	17.4	14.4	17.4
Эт.5		3.000	16	16	0.0099	0.1587	0.4087	0.29	20	26.8 x 2.8	1.0	0.320	0.463	0.783		30.0	26.2	11.4	14.4	11.4	14.4
Эт.4		3.300	23	21	0.0109	0.2282	0.4744	0.33	20	26.8 x 2.8	1.2	0.248	0.683	0.929		34.2	30.0	8.1	11.4	8.1	11.4
Эт.3		3.300	23	21	0.0109	0.2282	0.4744	0.33	20	26.8 x 2.8	1.2		0.683	0.683		38.2	34.2	4.8	8.1	4.8	8.1
Эт.2		3.300	23	21	0.0109	0.2282	0.4744	0.33	20	26.8 x 2.8	1.2		0.683	0.683		42.2	38.2	1.5	4.8	1.5	4.8
Эт.1		1.450	23	21	0.0109	0.2282	0.4744	0.33	20	26.8 x 2.8	1.2		0.300	0.300		43.9	42.2				
7-8		6.000	23	21	0.0109	0.2282	0.4744	0.33	20	26.8 x 2.8	1.2	0.032	1.243	1.276		45.2	43.9				
8-9		5.000	60	60	0.0099	0.5952	0.7391	0.52	25	33.5 x 3.2	1.1	0.201	0.607	0.807		46.0	45.2				
9-10		5.000	105	109	0.0096	1.0417	0.9907	0.69	32	42.3 x 3.2	0.8	0.051	0.223	0.274		46.3	46.0				
6-7		10.100	147	141	0.0103	1.4583	1.195	0.84	32	42.3 x 3.2	0.9	0.031	0.654	0.685		47.0	46.3				
5-6		5.700	152	171	0.0088	1.5129	1.2209	0.85	32	42.3 x 3.2	1.0	0.030	0.3								

213

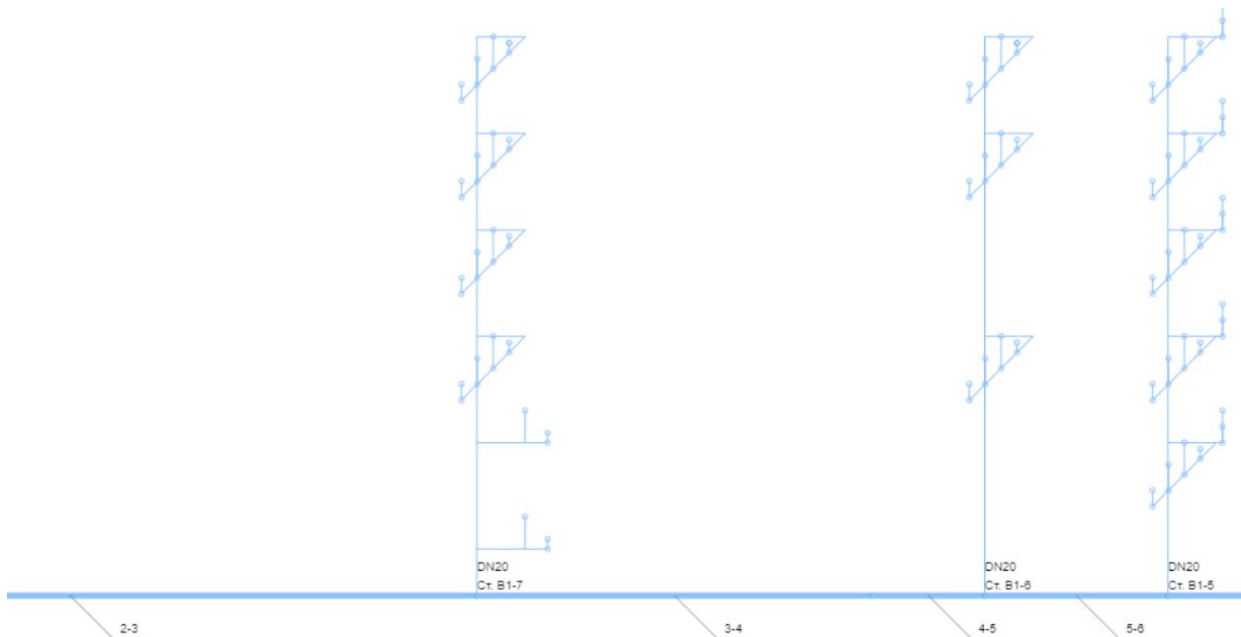


Рис. 3. Фрагмент аксонометрической схемы.

В настоящее время программа «Умная Вода» постоянно развивается. Данной программой пользуются все больше и больше организаций. Использование данной программы заметно ускоряет процесс проведения гидравлического расчета. Из основных преимуществ использования данной программы в реальной практике, можно назвать:

- возможность совместной работы (т.е. в одном и том же расчете могут работать несколько специалистов);
- простота и функциональность интерфейса;
- скорость выполнения расчета.

В некоторых случаях, когда санузлов много, нет необходимости составления схемы всего санузла. Можно создать отрезок трубы, на котором разместить все санприборы. Единственный санузел, который следует создать максимально подробно, это диктующий санузел (тот, который наиболее удален от насосной станции). Также можно ускорить проведение расчета, не показывая все повороты на системе. Но тогда, после нахождения линейных потерь, их следует умножить на соответствующий коэффициент, для того чтобы найти местные потери.

Также в программе можно подобрать насосное оборудование. Но зачастую этой опцией в реальной практике не пользуются. Это связано с тем, что программа позволяет подобрать насосные установки только фирмы Antarus.

ВЫВОД

Программа Умная Вода является современным, удобным инструментом проведения гидравлического расчета. Данную программу можно использовать как в рабочих целях, при проектировании реального объекта, так и в учебных целях. Авторы статьи «Анализ современной программы «УМНАЯ ВОДА» для проектирования систем внутреннего водопровода и канализации зданий» доказали, что программа производит более точный расчет, чем при ручном расчете, с использованием формул и таблиц из СП30.13330.2016. Помимо точности можно уверенно сказать, что при правильном использовании программы Умная Вода время производства расчетов многократно сокращается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения / Е. И. Машбиц. М.: Педагогика, 1988. 192 с.
2. УМНАЯ ВОДА – программа для проектирования систем внутреннего водопровода и канализации зданий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://smartwater.su/> (дата обращения: 05.10.20).
3. «Instal-San T» – Программа для расчета систем внутренней сети холодного и горячего водоснабжения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.agrovodcom.ru/prog_instal_san.php (дата обращения: 05.10.20).
4. Программа для расчета гидравлических характеристик внутреннего водопровода «WaterSupply» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.agrovodcom.ru/prog_watersupply.php (дата обращения: 06.10.20).
5. ProjectStudioCS Водоснабжение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.csoft.ru/catalog/soft/project-studiocs-water/project-studiocs-water-2019.html> (дата обращения: 07.10.20).
6. Шелюто Т.Ю., Поль И.А., Шестов И.О. Анализ современной программы «УМНАЯ ВОДА» для проектирования систем внутреннего водопровода и канализации зданий // Синергия наук. 2017. № 12. С. 787-786. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article0602>.

ИЗУЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ ПРОБ ПРИ ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАУ В ВОДЕ МЕТОДОМ ВЭЖХ

Котова В.Е., Андреев Ю.А.

ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: Valentina.E.Kotova@gmail.com

Ключевые слова: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), экстракция, вода.

Работа посвящена выбору условий проведения макро- и микроэкстракционного извлечения полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) из воды при ее анализе методом ВЭЖХ. Изучаемые параметры – количество высаливателя, объем и состав экстрагента, время извлечения. Показано, что оптимальными для обоих вариантов являются 30 г высаливателя сульфата натрия и 3 мин время экстракции. Доказана необходимость использования смешанного экстрагента для извлечения ПАУ из образцов реальных водных объектов.

A SAMPLE PREPARATION RESEARCH IN EXTRACTION-CHROMATOGRAPHY DETERMINATION OF PAH IN WATER BY HPLC ANALYSIS

Kotova V.E., Andreev Yu.A.

Hydro/chemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

e-mail: Valentina.E.Kotova@gmail.com

Keywords: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), high performance liquid chromatography (HPLC), extraction, water.

The paper is devoted to the choice of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) macro- and microextraction conditions in water for high performance liquid chromatography analysis. Examined parameters were salting-out agent amount, extragent composition and volume, extraction time. It was shown, 30 g of sodium sulfate as salting-out agent and 3 min extraction were optimal conditions for both macro- and microextraction. The necessity of mixed extragent using for the PAH extraction from real objects samples was proved.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются объектом пристального внимания уже многие годы. В списке наиболее опасных веществ, загрязняющих объекты окружающей среды, ПАУ стоят на одном из первых мест, что обусловлено их высокой токсичностью и канцерогенностью, а также повсеместным распространением за счет многочисленных источников поступления. Среди множества соединений этого класса 16 были выбраны в качестве приоритетных веществ для экологического мониторинга Федеральным Агентством по охране окружающей среды США: нафталин (Naph); аценафтен (Ace); аценафтилен; флуорен (Fl); фенантрен (Phe); антрацен (An); флуорантен (Flu); пирен (Py); бензо[а]антрацен (B[a]A); хризен (Chry); бензо[б]флуорантен (B[b]F); бензо[к]флуорантен (B[k]F); бензо[а]пирен (B[a]P); дибензо[а,h]антра-цен (DB[a,h]A); бензо[g,h,i]перилен (B[g,h,i]P); индено[1,2,3-cd]пирен (In[cd]P) [1].

Содержание ПАУ в различных объектах окружающей среды нормируется и подлежит контролю. Для некоторых веществ из группы ПАУ установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в разных типах вод: 10 мкг/дм³ для Naph и 5 нг/дм³ для B[a]P в питьевой воде; 10 мкг/дм³ для Naph и 10 нг/дм³ для B[a]P в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и 4 мкг/дм³ для Naph в воде водных объектов

рыбохозяйственного значения [2–4]. Бензо[а]пирену во всех перечнях нормативов присвоен 1 класс опасности.

Определение ПАУ в воде представляет собой сложную аналитическую задачу. Так как отдельные ПАУ в разной степени проявляют канцерогенные и мутагенные свойства, становится необходимым определение концентрации каждого вещества из этой группы, а низкие значения ПДК требуют использования только высокочувствительных и селективных хроматографических методов анализа.

Наиболее простым и доступным способом извлечения аналитов из воды является экстракция органическими растворителями. Различают два способа ее проведения: макро- и микроэкстракционный. Главными отличиями микроэкстракции от более распространенной в практике применения макроэкстракции являются: низкий (в 10–20 раз) расход органического растворителя, за счет чего менее продолжительное концентрирование экстрактов позволяет сократить потери легколетучих определяемых веществ, а также снижение мешающего влияния соэкстрагирующихся соединений.

Цель данного исследования – выбор оптимальных условий проведения макро- и микроэкстракции для извлечения ПАУ при анализе воды методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

В работе применяли образцы индивидуальных ПАУ (Supelco, США) с содержанием основного вещества 97,5–99,9 %. В качестве растворителей использовали гексан, ацетон, метиленхлорид отечественного производства после очистки двукратной перегонкой; ацетонитрил для ВЭЖХ и изоктан импортного производства без дополнительной очистки. Разделение методом колоночной хроматографии выполняли с помощью микроколоны (0,4 см × 20 см) на силикагеле марки Davisil (Sigma-Aldrich, США), Grade 635, 60–100 меш, размер пор 60 Å. Хроматографический анализ выполняли на жидкостном хроматографе Agilent Technologies 1260 Infinity (Agilent Technologies, Германия) со спектрофлуориметрическим детектором, аналитическая колонка ZORBAX Eclipse PAH (0,4 см × 18 см). Концентрирование экстрактов выполняли в ротационном испарителе RV8 (IKA, Германия). Для получения воды высокой степени чистоты использовали систему Simplicity (Merck Millipore, Франция).

Общая схема анализа воды заключается в двукратном экстракционном извлечении аналитов органическими растворителями в присутствии высаливателя, концентрировании в ротационном испарителе, выделении фракции ПАУ методом микроколоночной хроматографии [5–7], замене растворителя и последующем определении методом ВЭЖХ со спектрофлуориметрическим детектором [5].

Для каждого из способов экстракции изучали следующие условия: количество высаливателя, объем и состав экстрагента, время извлечения. Исследования проводили, варьируя последовательно один из параметров и оценивая найденные массовые концентрации ПАУ из образцов воды и степени извлечения для проб с добавками.

В качестве высаливателя использовали сульфат натрия с разной добавляемой в пробу массой: 0 г, 10 г, 20 г, 30 г, 40 г и 50 г. В качестве экстрагента применяли гексан для макроэкстракции объемом 10 см³, 20 см³, 30 см³, 40 см³ и 50 см³; для микроэкстракции – 1 см³, 2 см³, 3 см³, 4 см³ и 5 см³. Для выбора времени извлечения ПАУ из воды проведено экстрагирование в течение 1 мин, 2 мин, 3 мин и 5 мин. Оценивание изучаемых степеней извлечения проводили методом «введено-найденно» по смесям ПАУ с разными массовыми концентрациями определяемых веществ (для нафталина и бензо[а]пирена концентрации были на уровне их ПДК).

Результаты экспериментального этапа работы (табл. 1 и 2) представлены для нафталина как наиболее летучего соединения группы ПАУ и бензо[а]пирена – наиболее канцерогенного представителя ПАУ.

Для макроэкстракционного способа извлечения выбраны следующие оптимальные условия: 30 г высаливателя сульфата натрия, двукратное извлечение 30 см³ экстрагента гексана, время экстракции 3 мин. При данных условиях полученные степени извлечения

составили от 55 (Naph) до 91 % (In[cd]P), для суммарной концентрации 15 ПАУ получено следующее: введено – 180 нг/дм³; найдено – 150 нг/дм³.

Для микроэкстракционного способа извлечения определены те же оптимальные значения высаливателя и времени извлечения. Также для микроэкстракции установлено, что при первой экстракции извлекается до 80 % ПАУ от внесенного количества, а при второй – 20 %. С целью экономии экстрагента и сокращения общего объема экстракта предложено проводить извлечение ПАУ порциями 4 см³ и 2 см³ гексана. В разработанных условиях степени извлечения составили от 51 (Naph) до 91 % (Flu), для суммарной концентрации 15 ПАУ получено следующее: введено – 180 нг/дм³; найдено – 138 нг/дм³.

Табл. 1. Степени извлечения ПАУ для разных условий проведения макроэкстракционного способа извлечения (n = 4; P = 0,95)

Вещество	Степень извлечения, %					
при массе высаливателя						
	0 г	10 г	20 г	30 г	40 г	50 г
Naph	18	20	21	29	32	27
B[a]P	47	53	54	66	53	58
при объеме гексана						
	10 см ³	20 см ³	30 см ³	40 см ³	50 см ³	
Naph	37	41	46	45	47	
B[a]P	72	73	77	68	67	
при времени экстракции						
	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	
Naph	20	46	55	55	55	
B[a]P	66	68	73	76	79	

Табл. 2. Степени извлечения ПАУ для разных условий проведения микроэкстракционного способа извлечения (n = 4; P = 0,95)

Вещество	Степень извлечения, %					
при массе высаливателя						
	0 г	10 г	20 г	30 г	40 г	50 г
Naph	13	20	19	33	32	33
B[a]P	59	63	63	77	75	71
при объеме гексана						
	1 см ³	2 см ³	3 см ³	4 см ³	5 см ³	10 см ³
Naph	14	26	25	31	32	30
B[a]P	22	44	50	63	66	62
при времени экстракции						
	1 мин	2 мин	3 мин	5 мин		
Naph	39	45	51	55		
B[a]P	54	60	63	61		

Апробация экстракции гексаном реальных проб воды рек Ростовской области (содержащих значительное количество взвешенных веществ) показала относительно высокое содержание легких ПАУ (от Naph до Py) по сравнению с тяжелыми представителями (от B[a]A до In[cd]P). Поскольку растворимость ПАУ в воде уменьшается с увеличением молекулярной массы, а их сорбция, наоборот, с увеличением молекулярной массы растет (за

счет большей гидрофобности), а также, учитывая, что в реальных водных объектах всегда присутствуют взвешенные вещества, которые способны сорбировать растворенные ПАУ, стала очевидна необходимость использования дополнительного растворителя в составе экстрагента, способного более полно извлекать сорбированные аналиты, частично смешивающегося с водой и более полярного по своим свойствам. Для этой цели к гексану добавляли метиленхлорид и изооктан, как это было установлено авторами ранее для донных отложений [7–9].

При экстракции водных образцов с добавлением стандартных растворов ПАУ различными смесями органических растворителей (гексан; гексан-метиленхлорид; гексан-метиленхлорид-изооктан) получены близкие для всех систем значения степеней извлечения. Для имитации реальных образцов и наличия взвешенных веществ в очищенную воду вносили навески прокаленных донных отложений и добавляли стандартные растворы.

Анализ приготовленных образцов после экстракции приведенными смесями растворителей показал увеличение степеней извлечения ПАУ уже при добавлении к экстрагенту метиленхлорида. Таким образом, показана необходимость введения полярного растворителя в состав экстрагента для увеличения степени извлечения ПАУ из реальных проб воды при наличии в них взвешенных веществ. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Табл. 3. Степени извлечения некоторых ПАУ при извлечении из образцов воды и воды со взвешенными веществами различными экстракционными системами

Вещество	Степени извлечения, %, для различных систем					
	вода			вода + взвешенные вещества		
	1 *	2	3	1	2	3
Naph	34	41	43	23	33	41
Py	79	81	84	50	75	78
B[a]P	91	94	93	5	85	85
In[cd]P	92	93	91	1	92	90
* 1 – гексан; 2 – гексан-метиленхлорид; 3 – гексан-метиленхлорид-изооктан						

В результате работы обоснованы оптимальные условия проведения макро- и микроэкстракционного способов подготовки проб для более полного извлечения ПАУ, что особенно актуально при количественном определении следовых концентраций приоритетных загрязняющих веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ноллет Л.М.Л., Гелдер Л.С.П. Анализ воды: справочник / пер. с англ. 2-го изд. под ред. И.А. Васильевой, Е.Л. Пролетарской. СПб: ЦОП «Профессия», 2012. 920 с.
- 2 ГН 2.1.5.1315–03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2003г. № 4550.
- 3 Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016г. № 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.: ВНИРО, 2017. 214 с.
- 4 СанПин 2.1.4.1074–01 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Введ. 2002-01-01.

5 Котова В.Е., Андреев Ю.А., Черновьянц М.С. Хроматографическое изучение компонентного состава нефтепродуктов в донных отложениях // Сорбционные и хроматографические процессы. 2016. Т. 16. № 6. С. 885-892.

6 Котова В.Е., Андреев Ю.А., Черновьянц М.С. Сравнительное исследование способов подготовки проб донных отложений при определении компонентов нефтепродуктов хроматографическими методами // Журнал аналитической химии. 2019. Т. 74. № 8. С. 595-605.

7 Патент 2646402 РФ. Способ подготовки проб для определения алифатических и полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях / В.Е. Котова, Ю.А. Андреев; заявитель и патентообладатель ФГБУ «Гидрохимический институт». № 2017106715 от 28.02.2017; опубл. 05.03.2018.

8 Котова В.Е., Андреев Ю.А. Изучение условий извлечения ПАУ из донных отложений при определении методом ВЭЖХ со спектрофлуориметрическим детектированием // Сорбционные и хроматографические процессы. 2019. Т. 19. № 4. С. 401–417.

9 РД 52.24.537–2019 РД 52.24.537–2019 Массовая доля полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях. Методика измерения методом высокоэффективной жидкостной хроматографии со спектрофлуориметрическим детектированием. Ростов-на-Дону. 2019. 47 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РОДНИКАХ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА И СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Семенищев В.С., Воронина А.В., Томашова Л.А., Черепанова М.А., Насонова Ю.И.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России

Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: vovius82@mail.ru

Ключевые слова: радон, уран, торий, радий, родники, питьевая вода, доза.

В работе определены активности природных радионуклидов в воде 31 родника Свердловской области. Удельные активности ^{222}Rn варьировались от 2,4 до 161 Бк/л, обеспечивая среднегодовую дозу внутреннего облучения 0,27 мЗв (0,02–1,18 мЗв). Вода из семи источников превышала российский уровень вмешательства (60 Бк/л), а три из них превышали нормативный уровень ВОЗ (100 Бк/л). Максимальные активности ^{238}U и ^{232}Th составляли 0,124 Бк/л (4,1% от максимально допустимого предела) и 0,005 Бк/л (0,8% от максимально допустимого предела) соответственно; таким образом, негативное влияние радионуклидов в родниковой воде было незначительным. В воде из семи родников, содержащих наибольшие активности радона, были определены удельные активности ^{226}Ra ; соответствующие значения варьировались от 0,1 до 0,87 мБк/л, обеспечивая годовые дозы от 0,02 до 0,18 мкЗв/год.

DETERMINATION OF WATER QUALITY IN SPRINGS OF YEKATERINBURG CITY AND SVERDLOVSK REGION

Semenishchev V.S., Voronina A.V., Tomashova L.A., Cherepanova M.A., Nasonova Yu.I.

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia e-mail:

vovius82@mail.ru

Keywords: radon, uranium, thorium, radium, springs, drinking water, dose.

The work was aimed to determine activity concentrations of natural radionuclides in natural water from 31 springs of Sverdlovsk region, Middle Urals, Russia. Activity concentrations of ^{222}Rn varied from 2.4 to 161 Bq L⁻¹ providing the average annual internal irradiation dose of 0.27 mSv (0.02 – 1.18 mSv). Water from seven springs exceeded Russian national norms (60 Bq L⁻¹) and three of them exceeded WHO guidance level (100 Bq L⁻¹). The maximal activities of ^{238}U and ^{232}Th were 0.124 Bq L⁻¹ (4.1% of maximal allowed limit) and 0.005 Bq L⁻¹ (0.8% of maximal allowed limit) respectively; thus, the danger of these radionuclides presence in spring water was insignificant. No correlation between activities of ^{222}Rn and ^{232}Th or ^{238}U were found. Activity concentrations of ^{226}Ra were determined in water from seven springs containing the highest activities of radon; the respective values varied from 0.1 to 0.87 mBq L⁻¹ providing annual doses of 0.02 to 0.18 $\mu\text{Sv y}^{-1}$.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на интенсивное развитие в России централизованных систем водоснабжения, нецентрализованные источники питьевой воды, такие как родники и колодцы, по-прежнему занимают важное место в питьевом водоснабжении как в небольших населенных пунктах, так и даже в крупных городах. Среди населения широко распространено мнение, что родниковая вода заведомо чистая благодаря ее «естественному» происхождению, однако фактически она может содержать широкий спектр поллютантов, включая патогенные бактерии [1], нефтепродукты [2], тяжелые металлы [3], ионные формы азота [4], а также естественные радионуклиды [5, 6]. Как правило, наиболее высокие концентрации активности характерны для ^{222}Rn среди природных радионуклидов [7–9]. С

другой стороны, радон, являясь инертным газом, влияет на здоровье человека иначе, чем другие радионуклиды. Поэтому регулирующие органы многих стран обращают особое внимание на пределы активности концентрации ^{222}Rn в питьевой воде, особенно в случае происхождения питьевой воды из подземных источников. В различных странах допустимые пределы содержания ^{222}Rn в питьевой воде в значительном диапазоне от 11,1 Бк/л (США) до 1000 Бк/л (Финляндия), тогда как некоторые страны, такие как Ямайка, Босния и Герцеговина, вообще не ограничивают содержание радона в питьевой воде. В России уровень вмешательства по содержанию ^{222}Rn в питьевой воде установлен на уровне 60 Бк/л, а рекомендованный Всемирной организацией здравоохранения уровень составляет 100 Бк/л. Целью данной работы был анализ содержания природных радионуклидов (^{222}Rn , ^{238}U , ^{232}Th и ^{226}Ra) в воде некоторых родников города Екатеринбурга и Свердловской области.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В данной работе была отобрана и проанализирована вода из 20 источников, расположенных на территории города Екатеринбурга (код А), а также из 11 источников, расположенных в Свердловской области за пределами города Екатеринбурга (код В). Расположение источников показано на рис. 1. Среди испытанных источников Свердловской области четыре источника (Б5, Б9 – Б11) расположены в районе санатория Обуховское, одного из старейших курортов Среднего Урала с минеральными источниками. Пробы воды перед измерением выдерживали в герметичных полипропиленовых бутылках емкостью 1,5–5 л в течение как минимум 3–5 ч (как правило, 12–20 ч) для установления радиоактивного равновесия радона с короткоживущими дочерними радионуклидами (^{218}Po , ^{218}At , ^{214}Pb и ^{214}Bi). Активность радона в пробах измеряли на сцинтилляционном гамма-бета-спектрометре «Атомтех МКС–1315 АТ» по линии равновесного дочернего гамма-излучающего изотопа ^{214}Bi ($E = 609$ кэВ) в стандартной геометрии Маринелли (1 л). Концентрации урана и тория в воде определяли на масс-спектрометре NexION 350 (Perkin Elmer, США), после чего по концентрациям рассчитывали удельную активность ^{238}U и ^{232}Th . Определение ^{226}Ra в воде источников проводилось по следующей схеме. Пробу воды объемом 5 л отбирали в пластиковую бутылку и пропускали через колонку объемом 4 мл с сорбентом Т-5 (гидратированный диоксид титана, производства компании Термоксид, Россия) при скорости потока 0,3 л/ч для концентрирования радия. Затем радий вымывали из колонки 1М раствором HCl . Раствор упаривали почти досуха, разбавляли дистиллированной водой и доводили pH до 6–7. Радий отделяли от раствора сорбентом $\text{MnO}_2\text{-ПЭ}$ (тонкослойный диоксид марганца, нанесенный на полиэтилен), в результате чего получали тонкий источник альфа-излучения. Измерение конечного источника проводилось на альфа-спектрометре Мультирад-АС («Доза», Россия).

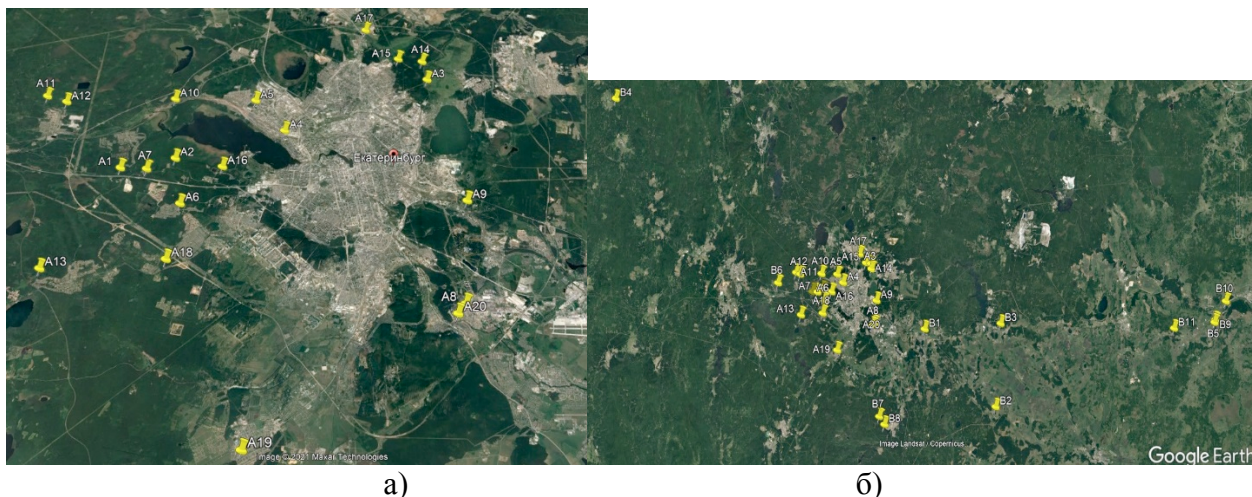


Рис. 1. Места отбора проб: а) в г. Екатеринбурга; б) г. Екатеринбург + Свердловская область.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 приведены концентрации активности ^{222}Rn , ^{238}U и ^{232}Th в воде из родников Екатеринбурга и Свердловской области. На рис. 2 представлено распределение активности радона в источниках по четырем категориям: <11,1 Бк/л (соответствует всем требованиям), 11,1–60 Бк/л (не соответствует требованиям США), 60–100 Бк/л (не соответствует российским требованиям) и > 100 Бк/л (превышает рекомендованный ВОЗ уровень). Среди исследованных родников вода в семи не соответствовала российским требованиям по уровню вмешательства ^{222}Rn в питьевой воде (60 Бк/л), а в трех из них был превышен рекомендованный ВОЗ уровень (100 Бк/л). Только четырнадцать источников отвечают самым строгим требованиям к питьевой воде. Максимальная удельная активность ^{222}Rn (161 Бк/л) была обнаружена в роднике А16. Таким образом, вода из 22 % родников оказалась непригодна для употребления в соответствии с российскими гигиеническими нормами.

Табл. 1. Результаты определения ^{222}Rn , ^{238}U и ^{232}Th в родниках Свердловской области

Код родника	Тип родника*	Дата отбора пробы	Удельная активность радионуклида			Годовая доза внутреннего облучения при употреблении воды за счет:		
			²²² Rn, Бк/л	²³⁸ U, мБк/л	²³² Th, мБк/л	²²² Rn, мЗв	²³⁸ U, мкЗв	²³² Th, мкЗв
			Родники г. Екатеринбурга					
A1	П	12.02.20	14.1	6.2	0.62	0.10	0.20	0.10
A2	П	12.02.20	73.7	2.1	0.02	0.54	0.07	0.00
A3	П	12.03.20	60.9	7.2	0.24	0.44	0.24	0.04
A4	П	19.03.20	102	4.1	0.06	0.74	0.13	0.01
A5	П	19.03.20	52.1	2.3	0.13	0.38	0.08	0.02
A6	П	26.03.20	11.1	7.0	< ПО**	0.08	0.23	<0.01
A7	П	27.05.20	51.3	1.1	0.78	0.37	0.04	0.13
A8	П	02.06.20	6.2	20.2	0.01	0.05	0.66	0.00
A9	П	02.06.20	95.5	10.4	0.02	0.70	0.34	0.00
A10	З	02.06.20	19.9	1.5	0.06	0.15	0.05	0.01
A11	П	02.06.20	70.7	2.7	0.04	0.52	0.09	0.01
A12	П	02.06.20	36.0	1.7	0.09	0.26	0.06	0.02
A13	З	07.06.20	35.9	0.8	0.69	0.26	0.03	0.12
A14	З	07.06.20	9.8	4.7	2.00	0.07	0.15	0.34
A15	П	07.06.20	10.9	12.4	1.78	0.08	0.41	0.30
A16	П	09.06.20	161	1.3	0.34	1.18	0.04	0.06
A17	П	09.06.20	11.4	13.1	2.35	0.08	0.43	0.39
A18	П	09.06.20	6.8	5.7	0.69	0.05	0.19	0.12
A19	З	09.06.20	26.8	6.8	1.32	0.20	0.22	0.22
A20	П	09.06.20	2.4	4.6	0.57	0.02	0.15	0.10
Родники Свердловской области за пределами Екатеринбурга								
B1	П	01.03.20	48.6	3.6	< ПО	0.35	0.12	<0.01
B2	З	27.05.20	17.2	124.1	4.58	0.13	4.08	0.77
B3	П	31.05.20	20.9	3.8	0.01	0.15	0.12	0.00
B4	П	07.06.20	36.6	35.2	5.00	0.27	1.16	0.84
B5	П	08.06.20	6.1	1.5	0.36	0.04	0.05	0.06
B6	П	10.06.20	7.4	81.2	0.06	0.05	2.67	0.01
B7	П	22.06.20	113	0.2	0.09	0.82	0.01	0.02
B8	З	22.06.20	24.7	8.1	1.13	0.18	0.27	0.19
B9	З	22.06.20	< ПО	0.4	0.14	<0.02	0.01	0.02
B10	З	22.06.20	< ПО	0.8	0.23	<0.02	0.03	0.04
B11	П	22.06.20	11	1.3	0.19	0.08	0.04	0.03

Примечание: * П – проточная вода, З – застойная вода; ** ПО – предел обнаружения.

Согласно оценке годовых доз внутреннего облучения за счет потребления воды, один источник (А16) обеспечивал дозу более 1 мЗв/год, тогда как 18 источников обеспечивали годовую дозу в пределах 0,1–1 мЗв/год. Таким образом, всего 61 % протестированных источников обеспечили максимальную дозу, рекомендованную ВОЗ (0,1 мЗв / год) из-за повышенной активности ^{222}Rn . Средняя годовая доза составила 0,27 мЗв.

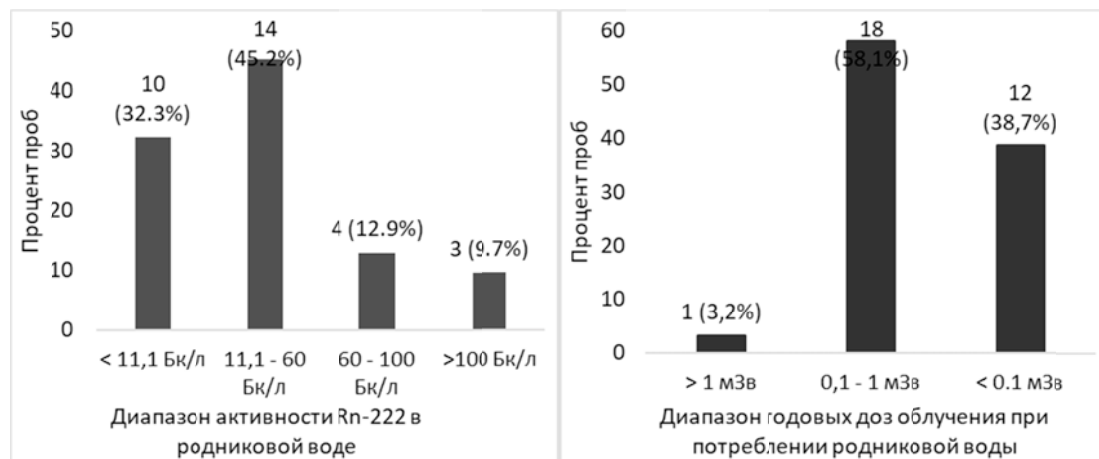


Рис.2. Распределение активности радона и годовых доз от радона в воде родников.

Интересно, что средняя активность радона в источниках с застойной водой (З-тип в табл. 1) была почти в три раза ниже, чем в источниках с проточной водой (П-тип): средняя активность ^{222}Rn в восьми источниках З-типа составила 17,5 Бк/л против 43,9 Бк/л в двадцати трех пружинах П-типа. Кроме того, максимальная активность ^{222}Rn в источниках З-типа составила 35,9 Бк/л, таким образом, все они соответствуют российским требованиям по содержанию радона в питьевой воде. Данный факт можно легко объяснить интенсивным переносом радона из воды в атмосферу в застойной воде.

В течение осенне-зимнего сезона 2020 г. был проведен мониторинг содержания ^{222}Rn в семи родниках, в которых по первоначальным данным было зафиксировано превышение уровня вмешательства по активности радона. Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 2.

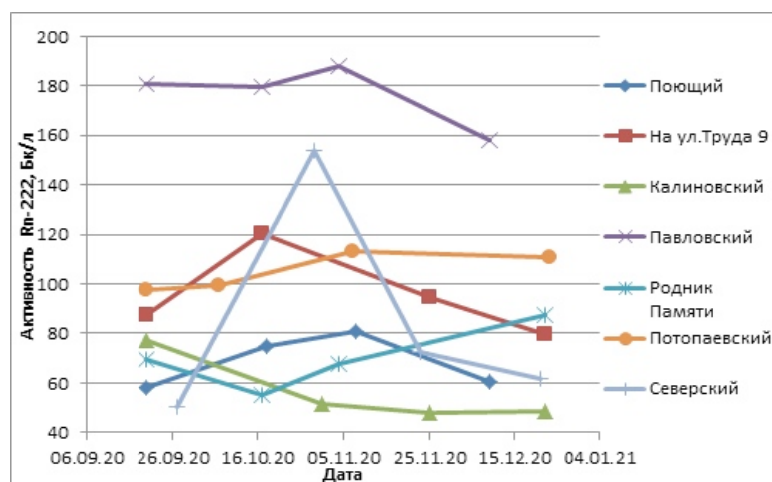


Рис. 3. Временных колебания активности ^{222}Rn в родниках.

По данному графику можно сделать вывод, что для большинства родников сезонность незначительно влияет на активность радона. В ряде случаев отмечалось небольшое снижение активности при низких температурах, в частности, в роднике Калиновский (А3), с наступлением холодов активность радона упала до приемлемого уровня менее 60 Бк/л.

Самые сильные колебания активности радона наблюдались в роднике Северский (А11) – от 50 до 154 Бк/л. Наиболее вероятно, это связано с особенностями данного родника – низким дебетом и наличием застойной зоны.

В отличие от радона, концентрации активности урана и тория не превышали допустимых пределов во всех пробах воды. Удельные активности урана и тория не превышали установленных норм во всех родниках. Максимальная активность ^{238}U составила 0,124 Бк/л (0,041 от уровня вмешательства), а ^{232}Th – 0,005 Бк/л (0,008 от уровня вмешательства). Соответствующие максимальные годовые дозы внутреннего облучения из-за потребления воды составили 4,1 мкЗв/год для ^{238}U в воде и 0,84 мкЗв/год для ^{232}Th , что значительно ниже максимальной дозы, рекомендованной ВОЗ (1000 мкЗв/год). Таким образом, наличие урана и тория в родниковых водах Свердловской области не дает существенного вклада в дозу внутреннего облучения при употреблении воды.

Girault и др. [10] показали наличие значительной корреляции между активностями ^{222}Rn и ^{226}Ra в подземных водах на основе анализа 2143 различных источников воды. В нашей работе определена активность ^{226}Ra только в семи родниках с активностью ^{222}Rn более 60 Бк/л, исходя из предположения, что максимальная активность радия должна быть в данных родниках. Результаты представлены в табл. 2.

Табл. 2. Активности ^{222}Rn и ^{226}Ra в некоторых родниках Свердловской области

Код родника	Дата отбора пробы	Удельная активность ^{222}Rn , Бк/л	Удельная активность ^{226}Ra , Бк/л	Годовая доза внутреннего облучения при употреблении воды за счет ^{226}Ra , мкЗв
A2	17.10.2020	69.9 ± 6.0	0.25 ± 0.54	0.05
A3	28.01.2021	57.1 ± 1.6	0.72 ± 0.43	0.15
A4	28.01.2021	137.2 ± 11.0	0.14 ± 0.31	0.03
A9	08.11.2020	84.4 ± 4.3	0.24 ± 0.28	0.05
A11	21.12.2020	87.7 ± 6.0	0.62 ± 0.27	0.13
A16	10.02.2021	156.3 ± 6.8	0.87 ± 0.28	0.18
B7	07.10.2020	121.6 ± 8.1	0.10 ± 0.28	0.02

Результаты показали незначительную опасность из-за естественного содержания ^{226}Ra в родниковых водах. Активности ^{226}Ra во всех образцах были существенно ниже 1 МБк/л и отличались от нуля в пределах погрешности только в трех родниках. В соответствии с ожиданиями, максимальная активность радия $0,87 \pm 0,28$ МБк / л была обнаружена в роднике с максимальной активностью радона. Рассчитанные годовые дозы внутреннего облучения в результате потребления радия с родниковой водой варьировались от 0,02 до 0,18 мкЗв/год со средним значением 0,09 мкЗв/год.

ВЫВОДЫ

В рамках представленной работы определено содержание природных радионуклидов и химических поллютантов в 20 родниках г. Екатеринбурга и 11 родниках Свердловской области. Установлено, что удельные активности ^{238}U и ^{232}Th не превышали установленных норм во всех обследованных родниках, тогда как в семи родниках зафиксировано превышение уровня вмешательства по ^{222}Rn . Максимальная активность радона составила 161 Бк/л (родник А16). В воде из семи родников, с наибольшими активностями радона, были определены удельные активности ^{226}Ra ; соответствующие значения варьировались от 0,1 до 0,87 МБк/л, обеспечивая годовые дозы от 0,02 до 0,18 мкЗв/год. В тех же семи родниках был проведен мониторинг содержания ^{222}Rn в течение осенне-зимнего сезона 2020 года. Показано, что для большинства родников сезонность незначительно влияет на активность радона, хотя в ряде случаев отмечалось небольшое снижение активности при низких

температурах. Наиболее сильные колебания активности радона наблюдались в роднике А11 – от 50 до 154 Бк/л, что связано с особенностями данного родника – низким дебетом и наличием застойной зоны.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-43-660055.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ilić D., Palijan G. Persistence of coliform bacteria in spring water microcosms // Hrvatske Vode. 2019. No 27(109). Pp. 193-200.
2. Idrissova G.Z., Akhmedenov K.M., Sergeeva I.V., Ponomareva A.L., Sergeeva E.S. Monitoring studies of the ecological state of springs in the Aktobe region in Western Kazakhstan // J Pharm Sci and Res. 2017. No. 9(7). Pp. 1122-1127.
3. Jawadi H.A., Malistani H.A., Moheghy M.A., Sagin J. Essential trace elements and arsenic in thermal springs, Afghanistan // Water (Switzerland). 2021. No. 13(2). Pp. 134.
4. Capraro F., Bizzotto A., Masiol M., Pavoni B. Chemical analyses of spring waters and factor analysis to monitor the functioning of a karstic system. The role of precipitations regimen and anthropic pressures // J Environ Monitor. 2011. No. 13(9). Pp. 2543-2549.
5. Erden P.E., Dirican A., Seferinoğlu M., Yeltepe E., Şahin N.K. ^{238}U , ^{234}U and ^{226}Ra concentrations in mineral waters and their contribution to the annual committed effective dose in Turkey // J Radioanal Nucl Chem. 2014. No. 301. Pp. 159–166.
6. Chau N.D., Michalec B. Natural radioactivity in bottled natural spring, mineral and therapeutic waters in Poland // J Radioanal Nucl Chem. 2009. No. 279. Pp. 121–129.
7. Singla A.K., Kansal S., Mehra R. Quantification of radon contamination in drinking water of Rajasthan, India // J Radioanal Nucl Chem. 2021. No. 327. Pp. 1149–1157.
8. Nazir S., Simnani S., Sahoo B.K., Mishra R., Sharma T., Masood S. Monitoring geothermal springs and groundwater of Pir Panjal, Jammu and Kashmir, for radon contamination // J Radioanal Nucl Chem 2020. No. 326. Pp. 1915–1923.
9. Jobbagy V., Altitizoglou T., Malo P., Tanner V., Hult M. A brief overview on radon measurements in drinking water // J Environ Radioactiv. 2017. No. 173. Pp. 18-24.
10. Girault F., Perrier F., Przylibski T.A. Radon-222 and radium-226 occurrence in water: a review // Geological Society. Special Publications. London, 2016. No. 451(1). Pp. 131-154.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Тамбиева Н.С., Котова В.Е., Михайленко О.А.

ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: Valentina.E.Kotova@gmail.com

Ключевые слова: фториды, водопроводная вода, питьевая вода, фотометрия.

Статья посвящена фотометрическому определению фторидов в водопроводной воде некоторых регионов России и в питьевых водах Ростовской области и республики Крым.

FLUORIDE DETERMINATION IN DIFFERENT TYPES OF DRINKING WATER

Tambieva N.S., Kotova V.E., Mikhaylenko O.A.

Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

e-mail: Valentina.E.Kotova@gmail.com

Keywords: fluoride, tap water, drinking water, photometric method.

The paper presents fluoride concentrations determined by photometric method in tap water of different regions of Russia and in drinking water of Rostov region and Republic of Crimea.

Фтор широко распространен в биосфере и имеет большое значение для нормальной жизнедеятельности человека и других организмов. До 70 % поступает в организм с питьевой водой, поэтому недостаток или избыток в ней фтора оказывает на организм негативное воздействие. При длительном употреблении воды с низкой концентрацией фторидов (< 0,1-0,2 мг/л) может замедлиться рост костей, возникнуть кариес зубов; а с избыточной (> 2 мг/л) – флюороз зубов и скелета. Более высокие концентрации фторидов могут вызвать нарушения работы почек, поражать печень, сердечную мышцу, нервную систему [1-3].

Выделяют естественные (выщелачивание фторсодержащих минералов, вулканические выбросы) и антропогенные (сточные воды промышленных и сельскохозяйственных производств) источники поступления фторидов [3]. Считается также, что их содержание в объектах окружающей среды может зависеть и от климатических условий. По [2] ландшафты с сухим климатом, куда относятся Ростовская область и Краснодарский край, как правило, хорошо обеспечены фторидами (концентрации достигают до 0,350 мг/л), что связано с их концентрированием за счет испарения.

Содержание фторидов подлежит контролю и нормируется в питьевых и природных водах [4]. Для этого показателя введен отличительный принцип нормирования его содержания в воде, в соответствии с которым предельно допустимые концентрации (ПДК) фторидов не одинаковы для различных климатических районов (табл. 1). Данному показателю в перечне нормативов [4] присвоен 2 класс опасности.

Табл. 1. Предельно-допустимые и оптимальные концентрации фторидов, мг/л, в водах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования по климатическим районам

Климатические районы	ПДК	Диапазон оптимальных концентраций
I (районы ниже Полярного круга: Северная Сибирь, Якутия)	1,5	0,71-1,0
II (области Сибири и Дальнего Востока)	1,5	0,71-1,0
III (Приморский край, области на западе и северо-западе страны, в том числе, Московская и Воронежская обл.)	1,2	0,6-0,7
IV (Краснодарский, Ставропольский край, Ростовская область, Дагестан, Ингушетия, Крым)	0,7	0,35-0,40

Также существуют требования по концентрации фторидов к качеству вод, расфасованных в емкости (табл. 2).

Табл. 2. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости, концентрация фторидов, мг/л [4]

Нормативы физиологической полноценности воды	Нормативы качества		
	I категория	Высшая категория	
		Питьевая вода	Вода для детского питания
0,1-1,5	1,5	0,6-1,2	0,6-0,7

С целью восполнения физиологической потребности фторидов и предотвращения кариеса зубов у населения проводят искусственное фторирование водопроводной воды. В зависимости от климатических сезонных условий оптимальные концентрации фторидов во фторируемой воде должны доводиться до значений (табл. 3). Однако фторирование воды может стать дополнительным источником загрязнения окружающей среды, поскольку лишь 1 % фторируемой воды используется для питья [3].

Табл. 3. Оптимальные концентрации фторидов, которые необходимо достигнуть при фторировании питьевой воды

Климатический район	Оптимальные концентрации фторидов в питьевой воде, мг/л, в зависимости от периода	
	теплый	холодный
I	0,9	1,2
II	0,8	1,1
III	0,7	1,0
IV	0,56	0,7

Цель работы – определить концентрацию фторидов в водопроводной воде нескольких регионов России, а также в водах, которые являются действующими источниками водоснабжения (бутилированные, очищенные природные воды).

Объекты исследования: водопроводная вода различных городов Ростовской области, Краснодарского края, г. Ялта, г. Воронеж, д. Назарьево (Московская обл.); бутилированная вода, произведенная в Ростовской области и республике Крым.

Массовую концентрацию фторидов в водах определяли фотометрическим методом с лантан-ализаринкомплексом в присутствии ацетона [5]. Данный способ заключается в образовании окрашенного в сиреневый цвет тройного комплекса ализаринкомплексона, лантана и фторида. Предел обнаружения составляет 0,006 мг/л.

Источником водоснабжения многих городов Ростовской области является р. Дон. Многолетние ежемесячные наблюдения (2016-2020 гг.) за концентрациями фторидов в р. Дон и водопроводной воде г. Ростов-на-Дону показали, что уровень концентраций в водопроводной воде и водоисточнике практически одинаков, что отмечают и другие авторы [1]. За время наблюдений концентрации фторидов в водопроводной воде были не ниже 0,3 мг/л и не превышали 0,4 мг/л. Наибольшие из них наблюдались в январе-марте (0,334-0,370 мг/л), что связано с повышенным влиянием в эти месяцы грунтовых вод на водоисточник [6, 7].

Во всех изученных водопроводных водах Ростовской области концентрации фторидов имеют достаточно близкие значения и в среднем составляют 0,385 мг/л, что по градации климатического районирования соответствует оптимальному значению (табл. 1). Результаты определения представлены в табл. 4.

Концентрация фторидов в водопроводной воде г. Краснодара близка к оптимальной (0,368 мг/л), а в станции Староминская немного превысила ПДК (0,798 мг/л), что может быть

связано с естественными источниками поступления – выход коренных пород, засоленность почв.

Минимальная концентрация фторидов была найдена в водопроводной воде г. Ялта – 0,084 мг/л и по климатической градации является очень низкой.

Концентрация фторидов в водопроводной воде г. Воронеж значительно ниже оптимальной и составила 0,246 мг/л.

Табл. 4. Концентрация фторидов в водопроводной воде

Населенный пункт	Концентрация фторидов, мг/л
Ростовская область	
г. Азов	0,295
г. Аксай	0,301
г. Батайск	0,348
г. Белая Калитва	0,324
г. Каменск Шахтинский	0,356
г. Красный Сулин	0,406
г. Новочеркасск	0,369
г. Ростов-на-Дону	0,376
г. Шахты	0,288
Краснодарский край	
г. Краснодар	0,368
г. Кропоткин	0,198
ст. Староминская	0,798
Другие регионы	
г. Ялта (Респ. Крым)	0,084
г. Воронеж (Воронежская обл.)	0,246
д. Назарьево (Московская обл.)	3,16-3,36

В рамках проведения стоматологического эксперимента в некоторых районах Московской обл. было проведено фторирование водопроводной воды. Авторами были исследованы пробы воды из д. Назарьево, которая участвовала в данном эксперименте. Образцы были отобраны и проанализированы в декабре 2016 г. и в январе 2018 г. Концентрации фторидов в водопроводной воде составили 3,16 и 3,36 мг/л, соответственно, что превышает более чем в 3 раза оптимальную их концентрацию в холодный период (табл. 3) и может вызвать серьезное негативное воздействие на организм.

В связи с дефицитом качественной водопроводной воды во многих регионах страны зародился рынок коммерческой бутилированной воды. В 90х гг. в г. Ростов-на-Дону появилось 4 альтернативных р. Дон источника: скважина на ул. Вавилова (90 м, «Аква-Дон»), скважина «Аксинья», находящаяся в окрестностях аэровокзала (85 м, «Аква-Дон»), скважина в пос. Матвеев Курган (70 м, «Чистая вода»), скважина в г. Аксай, поставляющая бутилированную воду «Аксу» (90 м).

В табл. 5 представлены концентрации фторидов в исследованных бутилированных водах. Вода торговых марок «Аксинья» и «Элитная» соответствуют нормативу физиологической полноценности воды (табл. 2) и пригодны для постоянного употребления. Концентрации фторидов в остальных водах менее 0,1 мг/л, постоянное употребление такой воды может способствовать усилению кариеса и вымыванию фторидов из организма.

В качестве сырья для производства бутилированной воды зачастую применяют водопроводную воду, которую дополнительно очищают и затем искусственно обогащают солями и минералами. Для целей очистки применяют метод обратного осмоса, при этом фториды полностью удаляются из воды, как например, в воде «Ключевая» и «Южный берег» (табл. 5).

Авторами также была определена концентрация фторидов в бутилированной воде, произведенной в Респ. Крым, в результате чего было показано, что она не соответствует нормативу физиологической полноценности воды.

Табл. 5. Концентрация фторидов, мг/л, в бутилированных водах, произведенных в Ростовской обл. и республике Крым

Торговая марка	Концентрация фторидов	Торговая марка	Концентрация фторидов
Элитная	0,105	AQUA Vera	0,050
Аксинья	0,321	Иверская	0,028
Серебряная	0,080	Калитвенская	0,047
Ice Cube	0,091	Ключевая	< 0,01
Дончанка	0,040	Крымский продукт	0,068
Казачий родник	0,041	Южный берег	< 0,006

Как показано в данной работе, питьевые воды Ростовской обл. и Краснодарского края хорошо обеспечены фторидами, однако из-за значительного загрязнения водоисточников водопроводная вода становится непригодной для питьевых целей. Это обстоятельство приводит к необходимости дополнительной очистки. Но необходимо учитывать тот факт, что вместе с загрязняющими веществами могут быть удалены необходимые для жизнеобеспечения компоненты, в том числе и фтор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по контролю качества питьевой воды. Т. 2 / под ред. Королевой К.Г., пер. с англ. Сутокской И.В. Женева: ВОЗ, 1987. 325 с.
2. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Географгиз, 1961. 496 с.
3. *Аничкина Н.В.* Исследование биогеохимического фтора в компонентах геосистем // Научное обозрение «Биологические науки». 2016. № 3. С. 5-23.
4. ГН 2.1.5.1315–03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В ред. Дополнений и изменений № 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2007 № 75, Постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2007 № 77, Изменений № 2, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 № 49, Постановлений Главного государственного санитарного врача РФ от 30.08.2016 № 147, от 13.07.2017 № 97. Зарег. в Минюсте России 19 мая 2003 г. № 4550.
5. РД 52.24.533–2017. Массовая концентрация фторидов в водах. Методика измерений фотометрическим методом с лантан-ализаринкомплексом в присутствии ацетона. Ростов-на-Дону, 2017. 23 с.
6. *Тамбиева Н.С., Котова В.Е.* Фториды в питьевых водах г. Ростова-на-Дону и Ростовской области // Сб. трудов IX Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы. Взгляд в будущее» (БП и СОТ «Витязь» – БП и СОТ «Лиманчик», 22-23 октября 2020 г.). Ростов-на-Дону – Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2020. С. 624-627.
7. *Тамбиева Н.С., Михайленко О.А., Котова В.Е.* Фториды в природных, питьевых водах и атмосферных осадках г. Ростова-на-Дону и Ростовской области // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России [Электронный ресурс]: материалы Всеросс. научно-практической конференции. Иркутск, 21-23 марта 2018 г. / ФГБОУ ВО «ИГУ». Иркутск: Изд-во ИГУ, 2018. С. 340-345.

**СЕЗОННАЯ ВАРИАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ
АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
ОЗЕРА БАЙКАЛ В РАЙОНЕ Г. БАЙКАЛЬСКА**

Халиков И.С., Лукьянова Н.Н.

ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун», г. Обнинск, Россия
e-mail: Khalikov@rpatyphoon.ru

Ключевые слова: ПАУ, мониторинг загрязнения, донные отложения, Байкал, БЦБК, ВЭЖХ.

Представлены результаты по содержанию бенз(а)пирена и других полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в 2020 году в донных отложениях прибрежной части озера Байкал в районе выпуска коммунальных очистных стоков г. Байкальска (сброса сточных вод бывшего Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии и флуорометрического детектирования. Сумма концентраций 15 ПАУ варьировала от 10,6 до 601,5 нг/г (среднее 280,3) в марте и от 8,5 до 670,8 нг/г (среднее 260,2) в августе 2020 года. Для донных отложений обследуемого полигона оз. Байкал свойственно «умеренное» загрязнение ПАУ. Минимальные концентрации ПАУ и «низкий» уровень загрязнения характерен для разнородных песков с низким содержанием органического углерода с глубиной отбора до 100 м. Отмечены максимальные концентрации ПАУ в пробах донных отложений с глубиной отбора свыше 100 м. Выявлено, что среднее содержание бенз(а)пирена, как и других ПАУ, в марте и августе было примерно в 2–3 раза выше в донных отложениях (глубина более 100 м) полигона БЦБК по сравнению с более мелководными пробами этого района. Определяющее влияние на распределение и накопление ПАУ, по сравнению с сезонной вариацией, оказывают гранулометрический состав и органическое вещество, которые тесно связаны с глубиной отбора. Профили ПАУ близки между собой для донных отложений полигона БЦБК, отобранных в разное время с одинаковыми условиями (глубина менее или более 100 м). Характерной особенностью сезонного изменения состава ПАУ в донных отложениях обследованного полигона БЦБК является преобладание низкомолекулярных ПАУ (нафталина, фенантрена) в марте, а высокомолекулярных (5–6-ядерных) в августе. Показана пирогенная природа ПАУ в донных отложениях с помощью различных молекулярных соотношений.

**SEASONAL VARIATION OF THE CONTENT OF POLYCYCLIC AROMATIC
HYDROCARBONS IN THE LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS
NEAR BAIKALSK**

Khalikov I.S., Lukyanova N.N.

Federal State Budgetary Institution «Research and Production Association
«Typhoon», Obninsk, Russia
e-mail: Khalikov@rpatyphoon.ru

Keywords: PAHs, pollution monitoring, bottom sediments, Baikal, BPPM, HPLC.

The results are presented on the content of benzo(a)pyrene and other polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in 2020 in the bottom sediments of the coastal part of Lake Baikal in the area of the release of municipal sewage effluents of the city of Baikalsk (wastewater discharge of the former Baikal Pulp and Paper Mill (BPPM)) using the method of high performance liquid chromatography and fluorometric detection. The sum of the concentrations of 15 PAHs varied from 10.6 to 601.5 ng / g (average 280.3) in March and from 8.5 to 670.8 ng / g (average 260.2) in August 2020. For bottom sediments of the surveyed polygon lake Baikal is characterized by moderate PAH pollution. The minimum concentration of PAHs and a low level of pollution are typical for sands of different grains with a low content of

organic carbon with a sampling depth of up to 100 m. and other PAHs, in March and August it was approximately 2-3 times higher in bottom sediments (depth more than 100 m) of the BPPM polygon in comparison with shallower samples of this area. The decisive influence on the distribution and accumulation of PAHs, in comparison with seasonal variation, is exerted by the particle size distribution and organic matter, which are closely related to the depth of sampling. The PAH profiles are close to each other for bottom sediments of the BPPM landfill sampled at different times with the same conditions (depth less than or more than 100 m). A characteristic feature of the seasonal changes in the composition of PAHs in the bottom sediments of the surveyed BPPM test site is the predominance of low molecular weight PAHs (naphthalene, phenanthrene) in March, and high molecular weight (5-6 nuclear) in August. The pyrogenic nature of PAHs in bottom sediments is shown using various molecular ratios.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшую группу органических загрязнителей природной среды составляют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ, полиарены), которые состоят из двух или более конденсированных ароматических колец [1]. Разнообразные и многочисленные источники эмиссии ПАУ как природного, так и антропогенного происхождения, обуславливают повсеместное загрязнение объектов природной среды [2, 3]. Из сотен ПАУ, обнаруженных в объектах окружающей среды, в список приоритетных загрязнителей по требованиям ЕС (Европейского сообщества) и US EPA (Агентства по охране окружающей среды, США) включены 16 соединений [4,5]. Наиболее токсичный бенз(а)пирен (5 конденсированных колец), вещество первого класса опасности, является общепринятым индикаторным представителем для всего профиля ПАУ. Многие высокомолекулярные ПАУ (5–6-ядерные), в отличие от низкомолекулярных ПАУ (2–3-ядерных), обладают выраженным канцерогенным, мутагенным и тератогенным действием на живые организмы [5].

Улучшение экологического состояния озера Байкал, крупнейшего пресноводного озера России, внесенного в список мирового природного наследия ЮНЕСКО, является важной государственной задачей. Одной из задач комплексного мониторинга оз. Байкал, проводимого Росгидрометом с 1969 года, является контроль содержания приоритетных загрязняющих веществ в разных объектах среды, в том числе и в донных отложениях районов сильного антропогенного воздействия. Одним из таких районов является зона воздействия в южной части озера коммунальных очистных стоков г. Байкальска, в прошлом стоков печально известного Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК), который функционировал без перерывов с 1966 по 2009 год и был закрыт в конце 2013 года.

Донные отложения традиционно используются в качестве индикатора для выявления интенсивности антропогенного загрязнения. Формирование донных отложений озер происходит в результате взаимодействия разнообразных процессов: механических, гидрологических, климатических, физико-химических и биологических, протекающих как на водосборной площади, так и в самом озере [6].

ПАУ могут попасть в донные отложения водными потоками (реками, очистными стоками, эрозией почвы), а также в результате влажных и сухих осадений из атмосферного воздуха. В результате процессов седиментации и биоседиментации, гидрофобные ПАУ аккумулируются в донных осадках, где их содержание на порядки больше, чем в водной среде. Длительность существования ПАУ в донных отложениях зависит как от интенсивности их поступления, физико-химических свойств, так и характеристики самих донных отложений, характера дна, содержания питательных веществ и температуры [7]. Самоочищение донных отложений может происходить за счет естественных биотических и абиотических процессов, таких как окисление, гидролиз и биodeградация, причем высокомолекулярные (5–6-ядерные) ПАУ меньше подвержены трансформации.

Контроль бенз(а)пирена и некоторых других ПАУ в донных отложениях оз. Байкал был начат Росгидрометом (Госкомгидрометом СССР) в 1981 г. в районе сброса сточных вод БЦБК и продолжался до 1988 года. Предыдущие наши исследования по оценке уровней

содержания ПАУ в донных отложениях в районе бывшего БЦБК [7–13] показали более высокие концентрации полиаренов по сравнению с другими районами оз. Байкал и влияние на их рост гранулометрического состава, органического углерода, глубины отбора.

Целью настоящей работы являлась оценка сезонного изменения уровней содержания ПАУ в донных отложениях прибрежной зоны оз. Байкал в районе г. Байкальска с использованием метода ВЭЖХ и флуориметрического детектора.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалом для исследований являлись 63 пробы поверхностного слоя (0–2 см) донных отложений в районе выпуска коммунальных очистных стоков г. Байкальска, которые были отобраны в рамках государственного мониторинга во время весенней и осенней съемки в 2020 году, организованных ФГБУ «Иркутское УГМС» и ФГБУ «ГХИ» (г. Ростов-на-Дону) (табл. 1). Расположение полигона, карта-схема и перечня станций отбора проб приведено в рекомендациях [14].

Табл. 1. Сокращенные обозначения полигона отбора проб донных отложений в районе выпуска коммунальных очистных стоков г. Байкальска в 2020 г.

Месяц и глубина отбора	Количество проб	Аббревиатура
март, все пробы	31	БЦБК-1
март, отбор < 100 м	9	БЦБК-1А
март, отбор > 100 м	22	БЦБК-1Б
август, все пробы	32	БЦБК-2
август, отбор < 100 м	10	БЦБК-2А
август, отбор > 100 м	22	БЦБК-2Б

Отбор проб донных отложений с полигона выпуска коммунальных очистных стоков г. Байкальска (БЦБК) осуществлялся с глубин от 10 до 700 м. Следует отметить сложное геоморфологическое строение полигона с наличием трех каньонов с резким свалом глубин. В этой части озера отсутствует классическая схема дифференциации осадочного материала по гидравлической крупности обломочных частиц. Для анализа донных отложений площадь полигона была разделена по литолого-морфологическим особенностям на две части по глубине: до 100 м и свыше 100 м.

Гранулометрический анализ проб донных отложений, определение содержания органического углерода и ПАУ проводили в аккредитованной лаборатории Института проблем мониторинга ФГБУ НПО «Тайфун» (г. Обнинск).

Гранулометрический анализ донных отложений выполняли методом лазерной дифракции с помощью анализатора размера частиц SALD-2300 (Shimadzu). Органический углерод определяли методом сухого сжигания с использованием анализатора углерода TOC-L CSN и приставки SSM-5000A (Shimadzu). Для идентификации и количественного определения приоритетных ПАУ использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием (детектор RF-20A). Пробоподготовку образцов донных отложений для определения ПАУ осуществляли с использованием метода «QuEChERS» [15]. Измерения проводили на хроматографе LC-20 Prominence (Shimadzu) с колонкой Envirosep PP (125 x 3,2 мм, 5 мкм) и защитным картриджем C18 (4 x 2 мм) производства фирмы «Phenomenex» в условиях градиентного элюирования смесью ацетонитрила и воды от 70 % до 90 %, при скорости потока 0,75 мл/мин и температуре колонки 40 °С. Объем ввода аликвоты составлял 10 мкл. С помощью программного обеспечения «LC Solution» устанавливали оптимальные длины волн возбуждения и эмиссии. В качестве градуировочных стандартов применяли стандартные растворы смесей ПАУ производства фирмы «Dr. Ehrenstorfer GmbH». В качестве аналитического сигнала использовали площадь пика.

Степень извлечения ПАУ по методу «введено-найдено» составляла от 70 до 90 %, значительных матричных эффектов не наблюдалось. Методика обеспечивала выполнение измерений с погрешностью, не превышающей 40 %, при доверительной вероятности 0,95.

В пробах донных отложений были количественно определены методом ВЭЖХ в порядке выхода на хроматограммах следующие приоритетные ПАУ – нафталин (NAPH), сумма аценафтена (ACNF) и флуорена (FL), фенантрен (PHEN), антрацен (ANTR), флуорантен (FLT), пирен (PYR), бенз(а)антрацен (BaA), хризен (CHR), бенз(е)пирен (BeP), бенз(б)флуорантен (BbF), бенз(к)флуорантен (BkF), бенз(а)пирен (BaP), дибенз(а, h)антрацен (DBA), бенз(g, h, i)перилен (BPL) и инден[1,2,3-с, d]пирен (INP).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гранулометрический анализ донных отложений полигона БЦБК показал доминирование алевритовых фракций (0,10–0,01 мм) над пелитовыми фракциями (менее 0,01 мм) и песками. Донные отложения представлены большей частью илистыми песками с различной долей разнотернистых песков и песчаных илов. В глубоководных местах (более 100 м) доля песчаных илов увеличивается. Минимальные значения органического углерода были зафиксированы в песках с преобладанием фракции более 0,1 мм. Содержание органического углерода увеличивалось в более глубоководных местах с преобладанием мелкодисперсных фракций в условиях ослабления гидродинамической активности.

Результаты среднего содержания, минимальных и максимальных концентраций индивидуальных ПАУ и сумм ПАУ (по количеству конденсированных колец) в донных отложениях полигона БЦБК приведены в табл. 2, 3.

Табл. 2. Среднее содержание ПАУ и коэффициенты вариации в донных отложениях полигона БЦБК в 2020 году

ПАУ	Среднее содержание ПАУ, нг/г, в скобках коэффициент вариации					
	БЦБК-1	БЦБК-1А	БЦБК-1Б	БЦБК-2	БЦБК-2А	БЦБК-2Б
NAPH	41,2 (0,75)	26,0 (0,86)	47,4 (0,68)	25,8(0,83)	11,8 (0,95)	32,1 (0,69)
ACNF+FL	2,1(0,66)	1,4 (0,82)	2,4 (0,59)	3,2 (1,3)	1,1 (1,02)	4,2 (1,11)
PHEN	65,9 (0,62)	25,0 (0,75)	82,7 (0,42)	40,3 (0,64)	16,1 (0,68)	51,3 (0,44)
ANTR	1,9 (0,65)	1,0 (0,94)	2,3 (0,51)	1,9 (0,69)	0,7 (0,84)	2,4 (0,52)
FLT	48,3 (0,74)	25,3 (0,93)	57,7 (0,58)	40,8 (0,63)	15,9 (1,22)	52,1 (0,37)
PYR	22,8 (0,71)	10,8 (0,93)	27,7 (0,67)	19,9 (0,71)	8,4 (1,12)	25,1 (0,51)
BaA	10,8 (0,74)	6,5 (1,06)	12,5 (0,63)	11,8 (0,73)	5,4 (1,41)	14,7 (0,51)
CHR	13,5 (0,78)	8,6 (1,16)	15,5 (0,67)	18,3 (0,73)	6,2 (1,29)	23,8 (0,49)
BeP	12,8 (0,88)	9,0 (1,16)	14,4 (0,80)	19,1 (0,77)	7,4 (1,42)	24,4 (0,54)
BbF	16,6 (0,89)	11,0 (1,15)	18,8 (0,81)	23,6 (0,81)	7,2 (1,17)	31,0 (0,57)
BkF	7,7 (0,80)	5,0 (1,09)	8,8 (0,71)	10,2 (0,69)	3,8 (1,27)	13,2 (0,45)
BaP	8,9 (0,82)	5,9 (1,15)	10,1 (0,72)	11,5 (0,79)	4,8 (1,61)	14,5 (0,56)
DBA	3,1 (0,76)	1,7 (0,91)	3,6 (0,68)	3,5 (0,81)	1,4 (1,67)	4,4 (0,58)
BPL	11,7 (0,66)	9,5 (0,95)	12,6 (0,57)	12,7 (0,77)	4,6 (0,98)	16,4 (0,57)
INP	13,0 (0,86)	6,9 (1,15)	15,5 (0,74)	17,6 (0,79)	4,7 (1,16)	23,5 (0,53)
Σ 5 ПАУ (2 и 3-ядерные)	111,1 (0,59)	53,4 (0,79)	134,8 (0,44)	71,2 (0,65)	29,7 (0,76)	90,0 (0,46)
Σ 4 ПАУ (4-ядерные)	95,4 (0,71)	51,2 (0,98)	113,4 (0,58)	90,8 (0,66)	35,9 (1,23)	115,7 (0,42)
Σ 6 ПАУ (5 и 6-ядерные)	73,8 (0,79)	49,0 (1,05)	83,8 (0,71)	98,2 (0,75)	33,9 (1,27)	127,4 (0,52)
Σ всех 15 ПАУ	280,3 (0,65)	153,6 (0,93)	332,0 (0,52)	260,2 (0,66)	99,5 (1,08)	333,1 (0,43)

Показано, что приоритетные ПАУ присутствуют практически во всех изученных пробах. Изучение пространственной неоднородности содержания ПАУ с использованием коэффициентов вариации, рассчитанных, как для отдельных соединений, так и для сумм (табл. 2), свидетельствуют о сильном изменении концентраций ПАУ в донных отложениях обследуемого полигона оз. Байкал. Показано, что во время отбора в марте и августе 2020 года пробы донных отложений полигона с глубин >100 м более однородны по сравнению с глубинами <100 м.

Концентрации индивидуальных ПАУ варьировали от 0,1 до 154,9 нг/г во время отбора в марте и от 0,1 до 117 нг/г в августе (табл. 3). Самые высокие концентрации в донных отложениях полигона БЦБК наблюдались для фенантрена, затем для FLT, PYR и BbF. Среднее содержание низкомолекулярных ПАУ (2 и 3-ядерных) составляло 40 % от ПАУ, обнаруженных в весенний сезон (март) и 27 % в осенний сезон (август). Если во время отбора в марте преобладали 2-3-ядерные ПАУ, то в августе 5-6-ядерные ПАУ, содержание которых составляло 38 %. Сумма концентраций всех 15 ПАУ варьировала от 10,6 до 601,5 нг/г (среднее 280,3) в марте и от 8,5 до 670,8 нг/г (среднее 260,2) в августе 2020 г.

Табл. 3. Минимальные и максимальные концентрации ПАУ в донных отложениях полигона БЦБК в 2020 году

ПАУ	Содержание ПАУ (мин–макс), нг/г					
	БЦБК–1	БЦБК–1А	БЦБК–1Б	БЦБК–2	БЦБК–2А	БЦБК–2Б
NAPH	2,3–111,4	2,3–72,0	6,8–111,4	0,6–83,0	0,6–33,8	5,9–83,0
ACNF+FL	<0,2–5,9	<0,2–3,4	<0,2–5,9	<0,2–21,1	<0,2–3,9	0,4–21,1
PHEN	2,1–154,9	2,1–66,8	38,9–154,9	2,6–117,0	2,6–30,8	27,0–117,0
ANTR	0,1–5,5	0,1–2,9	0,6–5,5	0,1–6,3	0,1–1,6	0,7–6,3
FLT	1,5–146,1	1,5–82,3	10,3–146,1	1,1–92,7	1,1–65,5	19,4–92,7
PYR	0,9–65,7	0,9–34,8	6,5–65,7	0,6–59,3	0,6–32,1	9,7–59,3
BaA	0,2–30,1	0,2–22,7	2,2–30,1	0,2–35,6	0,2–25,6	7,4–35,6
CHR	0,3–40,8	0,3–32,8	1,9–40,8	0,3–50,0	0,3–27,0	7,8–50,0
BeP	0,4–37,5	0,4–34,6	0,5–37,5	<0,2–57,1	<0,2–34,9	9,8–57,1
BbF	0,3–48,6	0,3–42,5	1,1–48,6	<0,2–79,5	<0,2–27,5	7,7–79,5
BkF	0,2–23,1	0,2–17,6	1,1–23,1	0,1–27,4	0,1–16,0	5,5–27,4
BaP	0,1–25,0	0,1–21,5	1,1–25,0	<0,1–32,4	<0,1–25,8	5,8–32,4
DBA	<0,2–9,2	<0,2–5,2	0,5–9,2	<0,2–11,8	<0,2–7,9	0,9–11,8
BPL	0,9–25,7	0,9–22,3	2,7–25,7	<0,2–43,5	<0,2–12,3	5,4–43,5
INP	0,4–39,9	0,9–26,4	0,4–39,9	<0,2–60,4	<0,2–17,7	7,2–60,4
Σ 5 ПАУ (2 и 3-ядерные)	4,7–270,8	4,7–145,1	53,9–270,8	4,4–200,3	4,4–66,1	34,4–200,3
Σ 4 ПАУ (4-ядерные)	2,9–282,7	2,9–172,6	21,0–282,7	2,2–227,1	2,2–150,2	44,6–227,1
Σ 6 ПАУ (5 и 6-ядерные)	3,0–206,7	3,0–168,8	6,7–206,7	1,2–312,1	1,2–142,1	45,9–312,1
Σ всех 15 ПАУ	10,6–601,5	10,6–486,5	91,8–601,5	8,5–670,8	8,5–358,4	132,0–670,8

Среднее содержание бенз(а)пирена и других ПАУ как в марте, так и в августе, было примерно в 2–3 раза выше в донных отложениях (глубина > 100 м) полигона БЦБК по сравнению с более мелководными пробами этого района (табл. 2). Максимальные концентрации ПАУ были также обнаружены в пробах донных отложений с глубиной отбора свыше 100 м (табл. 3). Значения максимальных концентраций бенз(а)пирена в некоторых пробах превышают ПДК в почве (20 мкг/кг) для этого соединения.

Концентрации ПАУ в донных отложениях обусловлены сорбционными свойствами осадков, наиболее высокое содержание отмечалось в мелкодисперсных донных отложениях с увеличением пелитовой фракции, обладающих большей активной площадью поверхности.

В настоящее время в системе контроля уровня загрязненности донных отложений в России нет утвержденных нормативов и экологических критериев для ПАУ. Загрязнение донных отложений ПАУ можно разделить на три уровня: низкий уровень загрязнения (концентрация ΣПАУ < 100 нг/г), умеренное загрязнение (концентрация ΣПАУ от 100 до 1000 нг/г) и высокое загрязнение (концентрация ΣПАУ > 1000 нг/г). Согласно этой классификации, значительная часть проб донных отложений, отобранных в обследуемом районе БЦБК, умеренно загрязнены ПАУ. Низкий уровень загрязнения характерен для песков с глубиной отбора до 100 м.

На рис. 1 приведены профили среднего содержания ПАУ в пробах донных отложений коммунальных сточных вод г. Байкальска, отобранных в марте и августе 2020 года. Показано разнонаправленное изменение среднего содержания ПАУ в зависимости от сезона отбора. Более высокие концентрации низкомолекулярных ПАУ (нафталина, фенантрена), а также флуорантена и пирена, отмечены в осадках при весеннем отборе в марте, а высокомолекулярных ПАУ – в августе.

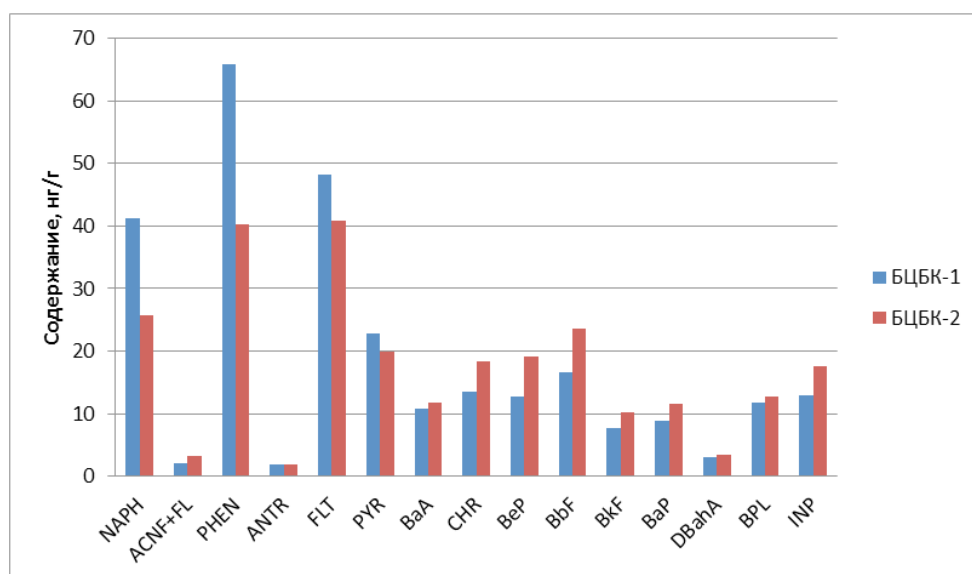


Рис. 1. Среднее содержание в донных отложениях полигона БЦБК, отобранных в марте и августе 2020 года.

На рис. 2 наглядно представлено одновременное влияние сезона отбора и глубины отбора донных отложений. Обнаружены более высокие средние концентрации всех ПАУ в марте, по сравнению с августом, в пробах осадков с глубинами отбора менее 100 м. Однако содержание высокомолекулярных ПАУ в донных отложениях с глубинами отбора более 100 м было выше в августе, чем в марте.

Для сравнения различия профилей средних концентраций ПАУ в пробах донных отложений полигона БЦБК, разделенных по глубине и времени отбора, использовали коэффициент подобия (Kp), который рассчитывали следующим образом:

$$Kp = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{i1} - x_{i2}}{x_{i1} + x_{i2}} \right)^2},$$

где x_{i1} и x_{i2} представляют среднюю концентрацию компонента i (отдельного ПАУ) в местах отбора проб (1 и 2 представляют полигон БЦБК, разделенный по времени отбора или глубине), а n – количество определяемых ПАУ. В этом исследовании был проведен анализ профилей 16 ПАУ. Если значение Kp приближается к нулю, то это указывает на то, что профили ПАУ между исследуемыми пробами аналогичны, а коэффициент подобия, который приближается к единице, указывает, что профили значительно различаются. Значения Kp для донных отложений полигона БЦБК приведены в табл. 4.

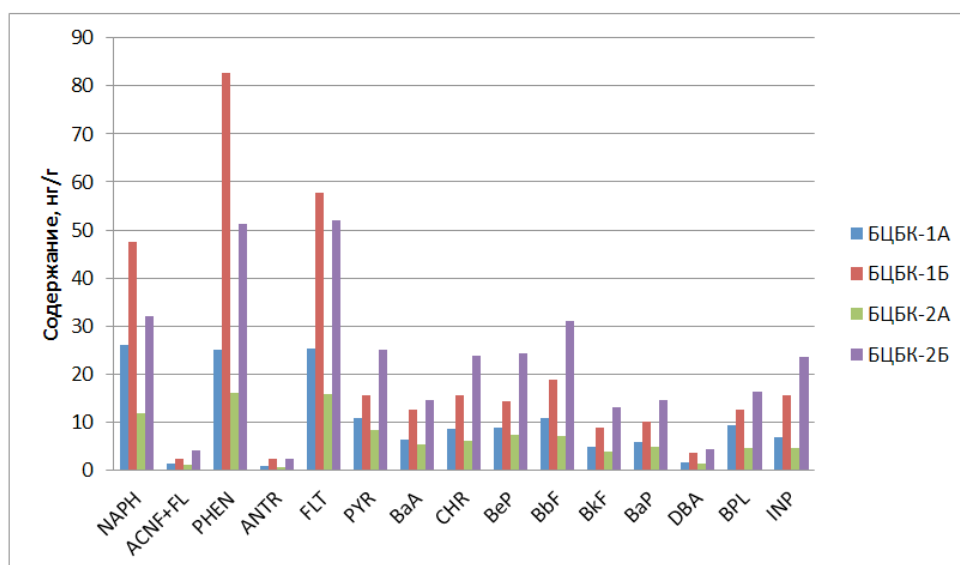


Рис. 2. Среднее сезонное содержание в донных отложениях полигона БЦБК в зависимости от глубины отбора (БЦБК-1А, < 100 м, март; БЦБК-2А, < 100 м, август; БЦБК-2А, > 100 м, март; БЦБК-2А, > 100 м, август).

Как правило, рассчитанные значения K_p были низкими (менее 0,3 выделено жирным цветом) и профили ПАУ близки между собой для донных отложений полигона БЦБК, отобранных в разное время (весенняя и осенняя съемка) с одинаковыми условиями (глубина менее или более 100 м). Было отмечено, что на профили ПАУ в донных отложениях полигона сточных вод г. Байкальска заметное влияние оказывает гранулометрический состав, связанный с глубиной отбора, по сравнению со временем сезонного отбора.

Табл. 4. Коэффициенты подобия профилей ПАУ в донных отложениях полигона выпуска сточных вод г. Байкальска в 2020 году

Район	БЦБК-1	БЦБК-1А	БЦБК-1Б	БЦБК-2	БЦБК-2А	БЦБК-2Б
БЦБК-1	0					
БЦБК-1А	0,27	0				
БЦБК-1Б	0,09	0,32	0			
БЦБК-2	0,14	0,31	0,15	0		
БЦБК-2А	0,43	0,20	0,48	0,46	0	
БЦБК-2Б	0,21	0,41	0,18	0,12	0,55	0

Для идентификации источников поступления ПАУ (пирогенных или петрогенных) использовали профили среднего содержания (табл. 2, рис. 1, 2) и классические молекулярные соотношения изомеров $FLT/(FLT+PYR)$, $BaA/(BaA+CHR)$, $INP/(INP+BPL)$, $(FLT+PYR)/(PHEN+CHR)$ [2, 16, 17]. Результаты анализа источников поступления, основанного на методе молекулярных соотношений, показали, что отношения $FLT/(FLT+PYR)$ для всех проб донных отложений района БЦБК были выше 0,4, $BaA/(BaA+CHR)$ – выше 0,2, $INP/(INP+BPL)$ – выше 0,2, $(FLT+PYR)/(PHEN+CHR)$ – выше 0,5, что указывает на пирогенную природу ПАУ в отложениях по сравнению с нефтегазовыми процессами и разливами нефтепродуктов.

В настоящей работе также использовали значения отношений сумм незамещенных 4–6-ядерных ПАУ к суммам всех ПАУ (рис. 3). Отношение $\sum$ ПАУ от 4 до 6 колец к $\sum$ всех незамещенных ПАУ менее 0,3 [17] или 0,4 [18] указывает на петрогенное происхождение, происходящее из низкотемпературных процессов и более 0,5 [18] или 0,7 [17] на пирогенное происхождение (сжигание нефтепродуктов, угля, биомассы), связанное с высокотемпературными процессами. Из рис. 3 видно, что в среднем для донных отложений обследуемого полигона БЦБК, независимо от сезонного времени отбора и деления по

глубине, преобладает пирогенная природа ПАУ над петрогенной. Более высокая доля 4–6-ядерных ПАУ в донных отложениях во время отбора проб в августе, по сравнению с весенним отбором показывает, по-видимому, более быструю деградацию низкомолекулярных ПАУ в летний период за счет естественных биотических и абиотических процессов под влиянием различных факторов (биотрансформация, окисление, гидролиз, радикальные процессы и т.д.) и рост поступления высокомолекулярных ПАУ, который может быть связан с таянием снега и льда с аккумулярованными в зимнее время соединениями.

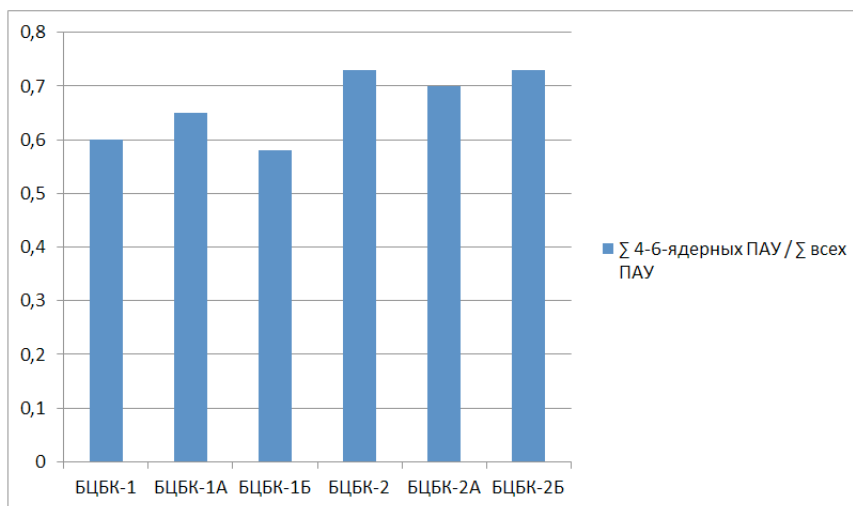


Рис. 3. Доля пирогенных ПАУ в донных отложениях оз. Байкал в районе сброса сточных вод г. Байкальска.

ВЫВОДЫ

1. Осуществлено количественное определение ПАУ в 63 пробах поверхностного слоя донных отложений в районе выпуска коммунальных очистных стоков г. Байкальска во время сезонного отбора в 2020 году с использованием оптимизированного метода ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием. Впервые проведена оценка сезонного изменения содержания ПАУ в донных отложениях полигона БЦБК.

2. Коэффициенты вариации показывают сильную изменчивость концентраций ПАУ в донных отложениях обследуемого полигона оз. Байкал. Показано, что во время отбора в марте и августе 2020 года пробы донных отложений полигона с глубин свыше 100 м более однородны по сравнению с глубинами менее 100 м. Профили ПАУ близки между собой для донных отложений полигона БЦБК, отобранных в разное время с одинаковыми условиями (глубина менее или более 100 м).

3. Сумма концентраций 15 ПАУ варьировала от 10,6 до 601,5 нг/г (среднее 280,3) в марте и от 8,5 до 670,8 нг/г (среднее 260,2) в августе 2020 года. Минимальные концентрации ПАУ и низкий уровень загрязнения характерен для разнородных песков с низким содержанием органического углерода с глубиной отбора до 100 м. Максимальные концентрации ПАУ были обнаружены в пробах донных отложений с глубиной отбора свыше 100 м. Среднее содержание бенз(а)пирена, как и других ПАУ, в марте и августе было примерно в 2–3 раза выше в донных отложениях (глубина более 100 м) полигона БЦБК по сравнению с более мелководными пробами этого района. Определяющее влияние на распределение и накопление ПАУ, по сравнению с сезонным изменением, оказывают гранулометрический состав и органическое вещество, которые тесно связаны с глубиной отбора.

4. Для донных отложений обследуемого полигона оз. Байкал свойственно умеренное загрязнение ПАУ. Самоочищения проб донных отложений от ПАУ в зоне влияния

предыдущей деятельности БЦБК не происходит. Запрет на сброс сточных вод г. Байкальска или его ограничение, вероятно, поможет улучшить ситуацию в этом районе.

5. Характерной особенностью сезонного изменения состава ПАУ в донных отложениях обследованного полигона БЦБК является преобладание низкомолекулярных ПАУ (нафталина, фенантрена) в марте, а высокомолекулярных (5–6-ядерных) в августе.

6. Изучение происхождения ПАУ в донных отложениях с использованием различных молекулярных соотношений показало, что большинство проб имеют пирогенную природу.

7. Проведение регулярных наблюдений за состоянием и загрязнением оз. Байкал и оценка изменений ПАУ, происходящих во времени, является важной задачей государственного комплексного мониторинга озера, проводимого Росгидрометом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 224 с.
2. Халиков И.С. Идентификация источников загрязнения объектов природной среды полициклическими ароматическими углеводородами с использованием молекулярных соотношений // Экологическая химия. 2018. Т. 27. № 2. С. 76-85.
3. Полициклические ароматические углеводороды в окружающей среде: источники, профили и маршруты превращения / А.Р. Суздорф, С.В. Морозов, Л.И. Кузубова, Н.Н. Аншиц, А.Г. Аншиц // Химия в интересах устойчивого развития. 1994. № 2. С. 511-540.
4. Development of a relative potency factor (RPF) approach for polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) mixtures. EPA (Environmental Protection Agency U.S.). Washington: DC, 2010. 622 p.
5. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. Lyon. France, 2010. Vol. 92. 853 p.
6. Даувальтер В.А. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. 242 с.
7. Халиков И.С., Лукьянова Н.Н. Содержание полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях озера Байкал по результатам мониторинга в 2017-2018 гг. // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. №6-2(96). С. 69-73.
8. Халиков И.С., Левишин Д.Г., Макаренко А.А. О влиянии гранулометрического состава на распределение органического углерода в донных отложениях озера Байкал // Современное общество, образование и наука: сб. науч. трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 марта 2015 г.: в 16 ч. Ч. 13. Тамбов, 2015. С.160-161.
9. Халиков И.С., Левишин Д.Г. Корреляционная зависимость концентрации ПАУ и органического углерода в донных отложениях озера Байкал // Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 марта 2015 г.: в 16 ч. Ч. 13. Тамбов, 2015. С.161-162.
10. Халиков И.С. Загрязнение донных отложений озера Байкал бенз(а)пиреном и другими ПАУ // Современные методы и средства океанологических исследований: Мат-лы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Т. I. М. 2015. С. 234-238.
11. Халиков И.С. Полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях озера Байкал в 2014 году // Мат-лы международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (16-17 октября 2015 года, Астрахань, Российская Федерация). Астрахань, 2015. С. 95-97.
12. Халиков И.С. Дибензпирены в донных отложениях озера Байкал // Научный Альманах. 2016. N 6-2(20). С. 434-437.

13. *Халиков И.С.* Полиарены в донных отложениях южного Байкала по результатам 2015-2016 гг. // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции «МСОИ-2017». Т. I. М., 2017. С. 232-236.
14. Р 52.24.815–2014. Рекомендации. Организация и проведение отбора проб донных отложений и зообентоса в озере Байкал для определения в них содержания полициклических ароматических углеводородов и хлорорганических пестицидов, 2014.
15. *Халиков И.С.* Полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях Баренцева и Карского морей // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2020. Т.16. №1. С. 13-19.
16. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition / M.B. Yunker, R.W. Macdonald, R. Vingarzan, R.H. Mitchell, D. Goyette, S. Sylvestre // Organic Geochemistry. 2002. V.33. P. 489-515.
17. *Stogiannidis E., Laane R.* Source characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons by using their molecular indices: an overview of possibilities // Rev. Environ. Contam. Toxicol. 2015. V. 234. P. 49-133.
18. *Biache C., MansuyHuault L., Faure P.* Impact of oxidation and biodegradation on the most commonly used polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) diagnostic ratios: Implications for the source identifications // Journal of Hazardous Materials. 2014. Vol. 267. P. 31-39.

**ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКАХ
ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА:
СОДЕРЖАНИЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ОПАСНОСТИ**

**Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Харьковская П.К., Замолотских Т.В.,
Бугаева А.В., Щукина Д.А.**

ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья
рабочих промпредприятий», г. Екатеринбург, Россия

Брусницына Л.А.

МУП «Водоканал», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: hlistovia@ymrc.ru

Ключевые слова: органическое вещество, общий органический углерод, загрязнения, климат, питьевое водоснабжение, риски.

Увеличение антропогенного воздействия и содержания органического углерода в хозяйственно-питьевых источниках оказывает влияние на здоровье человека. В связи с этим, необходим периодический мониторинг и выявление опасных химических соединений.

**ORGANIC MATTER IN YEKATERINBURG SURFACE SOURCES OF DRINKING
WATER SUPPLY: COMPOSITION, IDENTIFICATION AND HAZARD**

Khlystov I.A., Shtin T.N., Kharkova P.K., Zamolotskikh T.V.,

Bugaeva A.V., Shchukina D.A.

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial
Workers Yekaterinburg, Russia

Brusnitsina L.A.

Municipal Unitary Enterprise «Vodokanal», Yekaterinburg, Russia

e-mail: hlistovia@ymrc.ru

Keywords: organic matter, total organic carbon, pollution, climate, drinkable water supply, risks.

An increase in the anthropogenic action and content of organic carbon in the drinking and household sources has an impact on human health. In this regard, an intermittent monitoring and development of hazardous chemical connections should be undertaken.

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающая антропогенная нагрузка и изменения климата сильно влияют на среду обитания человека, в частности, водные ресурсы. Поступление загрязнителей в водоемы ухудшает санитарно-эпидемиологические показатели воды, вызывает эвтрофикацию, приводит к образованию соединений с новыми химическими и токсическими свойствами. Повышение температуры и подтопление территорий служат дополнительными факторами притока в водоемы органических соединений и увеличения концентраций органического углерода. Вследствие изменения химического состава воды могут возникнуть новые угрозы для человека. Для своевременного принятия мер по предотвращению ущерба здоровью, необходимо периодическое наблюдение и мониторинг опасных химических соединений.

До недавнего времени изучение химического загрязнения окружающей среды было сосредоточено исключительно на традиционных «приоритетных» загрязнителях – особо токсичных, канцерогенных пестицидах и промышленных полупродуктах, проявляющих стойкость в окружающей среде. Теперь к числу потенциальных загрязнителей также следует отнести фармацевтические препараты и активные компоненты продуктов личной

гигиены, лекарства и биологически активные препараты, ароматизаторы и т.д. [1]. По итогам проведенных исследований 49 поверхностных источников питьевой воды в США, обслуживающих население до 8 миллионов человек, установлены наиболее встречаемые органические загрязнители: холестерин (натуральный стерол; в 59 % проб), метолахлор (гербицид; в 53 % проб), котинин (метаболит никотина; в 51 % проб), β -ситостерин (натуральный растительный стерол; в 37 % проб), и 1,7-диметилксантин (метаболит кофеина; в 27 % проб) [2].

Источниками загрязнения поверхностных источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения являются ливневые и паводковые воды с прилегающих к водному объекту территорий, а также сточные воды после очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации, сбрасываемые в водные объекты в пунктах водопользования. По данным Государственного доклада, в г. Екатеринбурге на 2019 г. приоритетными веществами по санитарно-токсикологическому показателю вредности в питьевой воде выступали железо, марганец, кремний, нитраты [3]. В поверхностных хозяйственно-питьевых источниках г. Екатеринбурга ежегодно в период с июня по сентябрь фиксировали увеличение концентраций общего органического углерода (ООУ), превышения нормативных значений ХПК и БПК₅ [4]. Вместе с тем, совершенно не проводились исследования по выявлению и количественным измерениям органических веществ, влияющих на данные интегральные показатели. В перечень идентифицированных соединений в составе природных и сточных вод Свердловской области вошли только ацетильные производные фенолов и хлорфенолов, о- и п-крезол [5].

Цель данной работы – оценка содержания органических веществ в поверхностных питьевых источниках г. Екатеринбурга, установление дополнительных рисков в связи с использованием этой воды в питьевых целях.

Задачи: 1) изучить имеющиеся данные лабораторных исследований ООУ в воде хозяйственно-питьевых источников и после водоподготовки; 2) провести отбор проб воды, идентифицировать в них органические вещества; 3) выделить соединения, представляющие риски для здоровья.

Объект исследований – природная вода из поверхностных хозяйственно-питьевых источников (Волчихинское и Верх-Исетское водохранилища), питьевая вода на фильтровальных станциях после очистки перед подачей в сеть.

Проведен ретроспективный анализ ООУ и хлороформа в воде за период 2009-2019 гг. (по данным ЕМУП «Водоканал», ФБУЗ «ЦГиЭ»), выполнен расчет значений рисков от воздействия хлороформа. На базе ОФХМИ ЕМНЦ проведена идентификация органических соединений в воде со станций водоподготовки (исходная и перед подачей в сеть) на газовом хроматографе МАЭСТРО ГХ 7820 с масс-селективным детектором (Рег. № в Реестре 40134-11), библиотека масс-спектров NIST 2011 г. Пробы воды отбирались ежемесячно с августа по декабрь 2020 г. Пробоподготовка заключалась в двукратной последовательной обработке 50 мл гексана 500 мл воды, объединении экстрактов и выпаривании в токе теплого воздуха досуха. Сухой остаток растворяли в 0,5 мл гексана, далее 0,2 мкл экстракта поступало в инжектор газового хроматографа. За достоверные результаты идентификации принимались совпадения анализа с масс-спектральными библиотеками (процент совпадения в интервале от 80 до 100 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлена многолетняя динамика ООУ в воде питьевых источников г. Екатеринбурга.

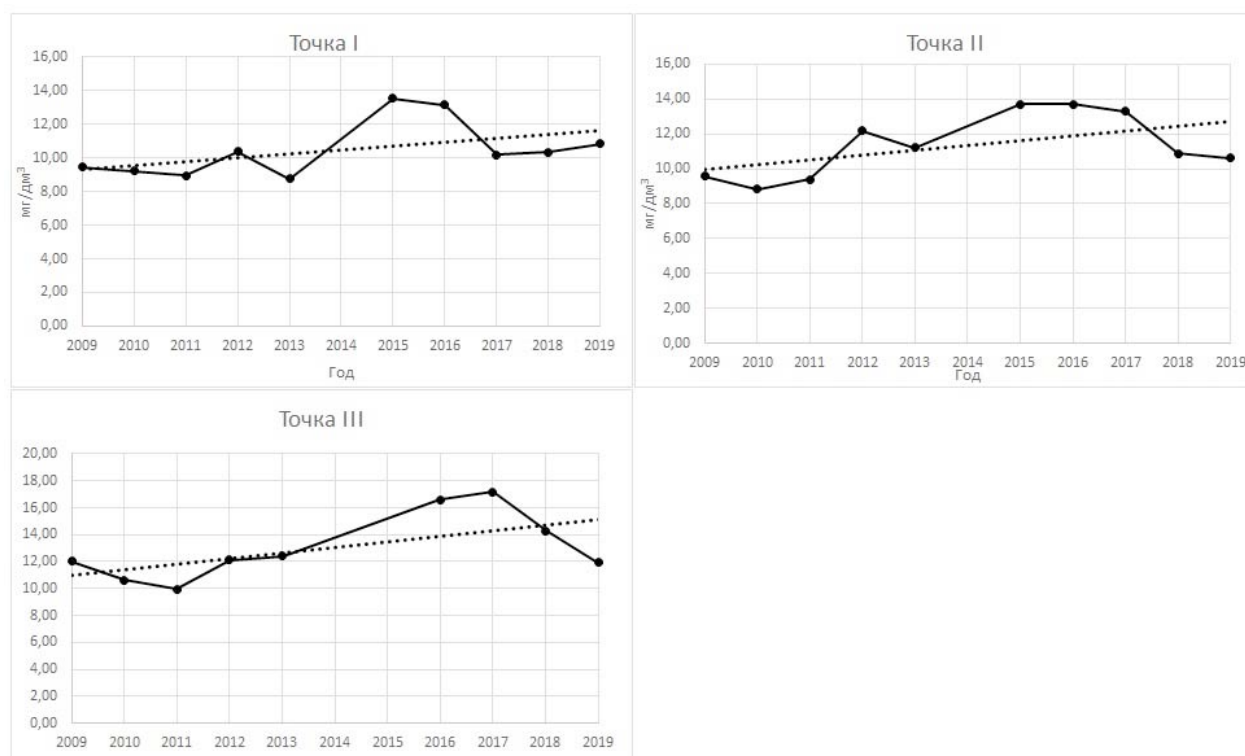


Рис. 1. Многолетняя динамика ООУ в воде питьевых источников г. Екатеринбурга.

Примечание: точка I – вода с Волчихинского водохранилища (Западная фильтровальная станция), точка II – вода с Верх-Исетского водохранилища (станция Головные сооружения водопровода), точка III – вода с Верх-Исетского водохранилища (станция Фильтровальная станция Сортировочная). До августа 2018 г. на Головные сооружения водопровода поступала смешанная вода из Волчихинского и Верх-Исетского водохранилищ. В настоящее время Фильтровальная станция Сортировочная не функционирует, с 2016 по 2019 гг. за результаты измерений взяты концентрации ООУ в воде Верх-Исетского водохранилища.

За наблюдаемый период с 2009 по 2019 гг. установлена тенденция увеличения концентраций ООУ в поверхностных питьевых источниках г. Екатеринбурга. Пиковые значения концентраций ООУ приходились на период с 2015 по 2017 гг.

По данным управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, за период с 1960 по 2011 гг. выявлен положительный тренд средней годовой температуры, увеличения количества осадков [6]. Было предположено, что годовые колебания ООУ в поверхностных водоемах могут быть связаны с данными климатическими параметрами. Моделирование в более глобальном масштабе показало, что увеличение температуры вызовет значительный рост микробной биомассы в воде, что приведет к усилению роли микробов в углеродном цикле океана [7, 8]. Также известно, что с ростом температуры увеличивается скорость распада фенолов в поверхностных водах, особенно в летнее время [9]. Водная и ветровая эрозия в условиях меняющегося климата будут причинами потерь почвенного углерода [10]. Увеличение доли гуминовых веществ из поверхностного стока приведет к изменению цветности («коричневению») водоемов и может влиять на рост фитопланктона [11]. В целом, увеличение концентраций органического углерода может быть связано с увеличением биомассы фитопланктона в воде, привносом органических соединений с болот, накоплением веществ в стоячей воде, поступлением веществ из техногенных источников. На рис. 2 представлены уровни температуры и осадков в г. Екатеринбурге.

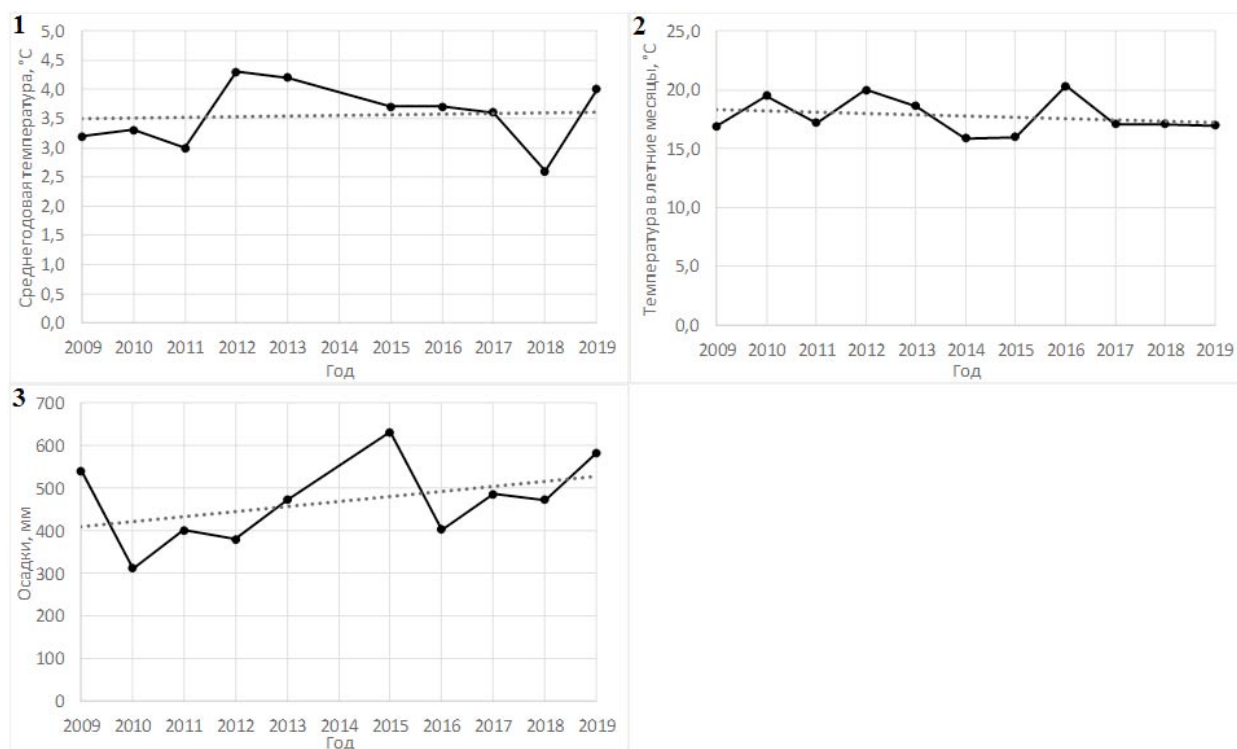


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха (1), температура воздуха в летние месяцы (2) и количество осадков (3) в г. Екатеринбурге по годам. Материалы взяты с сайта pr5.ru [12].

Среднегодовая температура воздуха за исследуемый период находилась в интервале +2,6...+4,3 °С. Пиковые значения выявлены в 2012, 2013 и 2019 гг. Температура воздуха в летние месяцы находилась в интервале +15,9...20,3 °С. Годовое количество осадков составило 312–631 мм с пиковыми значениями в 2009, 2015 и 2019 гг. В изменениях температуры за 10-летний период не выявлено явных тенденций, тогда как количество осадков увеличивается. Выявлена слабая связь между среднегодовой температурой воздуха и концентрациями ООУ (коэффициент корреляции $r = 0,06...0,42$), а также между количеством осадков и ООУ ($r = 0,18...0,40$). Уровень корреляционных связей не позволяет сделать вывод о прямой зависимости концентраций ООУ от температуры и количества осадков. Увеличение концентраций ООУ в воде поверхностных источников может свидетельствовать о замедлении процессов деструкции (в том числе зависящим от отношения C/N), накопления неразлагаемых биологическим путем органических соединений.

За пять месяцев 2020 г. было идентифицировано 57 веществ в подаваемой на ГСВ исходной воде, 51 вещество в подаваемой на ЗФС исходной воде, 55 веществ в воде перед подачей в распределительную сеть с ЗФС. Вероятные источники поступления данных соединений в водоемы – предприятия пищевой, химической промышленности, автотранспорт, растительные и животные организмы. В воде поверхностных источников и после водоподготовки обнаружено 9 веществ, обладающих токсическими и канцерогенными свойствами; результаты представлены в Табл.

Табл. Идентифицированные органические соединения в воде и прогнозируемые эффекты на здоровье

Вещество	Прогнозируемые эффекты (органы-мишени)
Трихлорэтилен	Печень, почки, развитие (плод), ЦНС, кожа
Дибутилфталат	Оказывает системное воздействие, гормональная система
Нонаналь	Информация об органах-мишенях отсутствует
Лимонен	Печень
Тридекан	ЦНС
Д-Лимонен	Печень
Ди(2-этилгексил)фталат	Печень, гормональная система, канцероген
Три(2-хлорэтил)фосфат	ЦНС, канцероген
Фенобарбитал	Канцероген

Опасность присутствия органических соединений в воде, поступающей на обеззараживание хлором, связана с образованием галогенорганических побочных продуктов. Помимо органического углерода, в число предикторов их образования входят такие параметры, как доза хлора при хлорировании, уровень pH, температура воды, длительность хлорирования, концентрация ионов аммония, бромид-ионов и т.д. [13, 14]. Наиболее часто обнаруживаемые продукты хлорирования – это тригалометаны, обладающие канцерогенными свойствами и выраженным токсическим эффектом. Поскольку концентрации хлороформа могут составлять до 93,1 % от суммарной концентрации тригалометанов в воде после хлорирования [15], в данной работе представлены концентрации (рис. 3) и рассчитаны риски только для данного вещества.

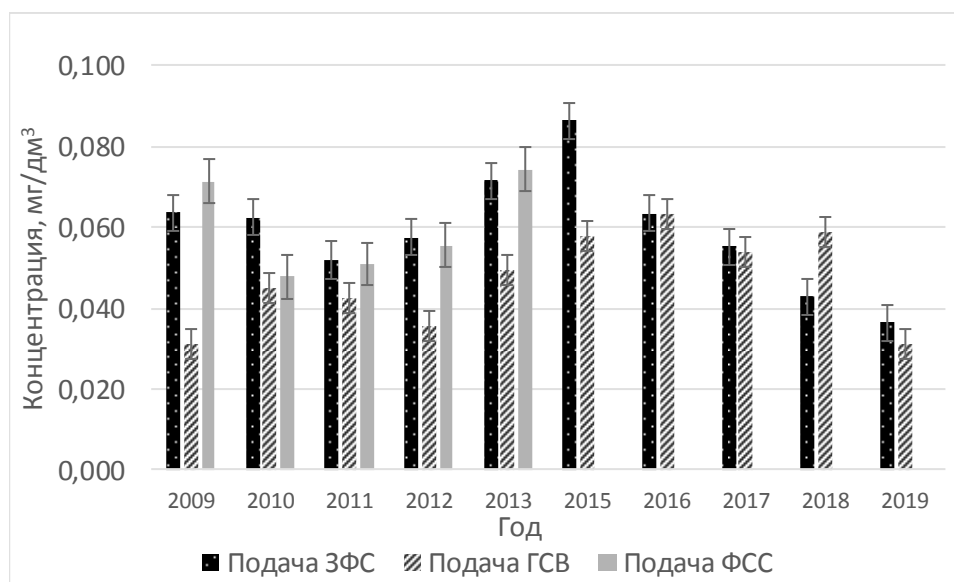


Рис. 3. Концентрации хлороформа в воде перед подачей в распределительную сеть.

За исследуемый период выявлена тенденция слабого увеличения концентраций хлороформа в воде перед подачей в сеть на ГСВ, тенденция снижения концентраций – на ЗФС. Нормативное значение для хлороформа, установленное Агентством по охране окружающей среды США (EPA) для питьевой воды, составляет 0,07 мг/дм³ [16]. В СанПиН 1.2.3685-21, вступившем в действие с 01.03.2021 г., ПДК хлороформа в питьевой воде централизованного водоснабжения составляет 0,06 мг/дм³ [17]. С учетом нового нормативного значения, установлены неоднократные превышения концентраций

хлороформа за исследуемый период в 1,1–1,4 раз. Значения неканцерогенных рисков (по HQ) за весь период составляют: для ЗФС в пределах от 0,100 до 0,552; для ГСВ от 0,086 до 0,404; для ФСС от 0,131 до 0,475 (все значения не превышают 1,0). Значения индивидуального канцерогенного риска находятся в пределах $3,37 \cdot 10^{-5}$ – $2,2 \cdot 10^{-6}$, что соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. На основании моделей зависимости содержания побочных продуктов хлорирования от предикторов, была установлена нормативная величина ООУ 5 мг/дм³ [15]. Таким образом, рассчитанные риски связаны исключительно с содержанием в воде галогенорганических продуктов, появляющихся при ее обеззараживании. Проведение дополнительной идентификации и количественных измерений органических веществ, обладающих токсическими и канцерогенными эффектами, даст более полную информацию о рисках для здоровья населения от воздействия воды.

ВЫВОДЫ

1. За период наблюдений с 2009 по 2019 гг. обнаружено увеличение концентраций общего органического углерода в поверхностных хозяйственно-питьевых источниках г. Екатеринбурга. Вероятные причины этого: увеличение биомассы фитопланктона, приток органических соединений с болот, накопление веществ в стоячей воде, поступление веществ из техногенных источников.

2. Проводимые ранее исследования поверхностных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Екатеринбурга выявили сезонное увеличение концентраций ООУ, связь этого показателя с ХПК и БПК₅. В водоемах и сточных водах Свердловской области было установлено присутствие фенольных соединений.

3. В поверхностной и питьевой воде выявлены вещества токсического и канцерогенного действия на организм. Установленные риски от воздействия хлороформа в питьевой воде не превышали предельно допустимые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Daughton C.G., Ternes T.A. Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Agents of Subtle Change? // *Environmental Health Perspectives*. 1999. Т. 107 (Suppl 6). С. 907-938.
2. Focazio M.J., Kolpin D.W., Barnes K.K., Furlong E.T., Meyer M.T., Zaugg S.D., Barber L.B., Thurman M.E. A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States □ II) Untreated drinking water sources // *Science of The Total Environment*. 2008. Vol. 402(2-3). P. 201-216.
3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2019 году: государственный доклад. Екатеринбург, 2020. 254 с.
4. Кузьмина Е.А., Кузнецов Е.О., Смагина Н.В., Слышкина Т.В., Акрамов Р.Л., Брусницина Л.А., Ницак Г.Б., Никонова С.В. Органический углерод: вопросы гигиенического регламентирования и гармонизации // *Гигиена и санитария*. 2013. № 6. С. 60-64.
5. Кириченко В.Е., Первова М.Г., Пашкевич К.И., Назаров А.С. Определение фенолов в воде методами газовой хроматографии в виде ацетильных производных // *Аналитика и контроль*. 2001. Т. 5(1). С. 70–74.
6. Шеноренко Г.А. О тенденции изменения климата Урала. Режим доступа: http://svgimet.ru/?page_id=4068.
7. Sarmiento H., Montoya J. M., Vázquez-Domínguez E., Vaqué D., Gasol J. M. Warming effects on marine microbial food web processes: how far can we go when it comes to predictions? // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2010. Vol. 365(1549). P. 2137-2149.

8. *Dutta H., Dutta A.* The microbial aspect of climate change // *Energy, Ecology and Environment*. 2016. Vol. 1(4). P. 209–232.
9. *Потенко Е.И., Жукова Н.И., Арефьева О.Д.* Фенольные соединения в поверхностных и питьевых водах Приморского края // *Вестник ДВО РАН*. 2018. № 5. С. 120-123.
10. *Banwart S.A., Black H., Cai Z., Gicheru P.T., Joosten H., Victoria R L., Milne E., Noellemeyer E., Pascual U.* The global challenge for soil carbon (Ch.1) // *Soil carbon: science, management and policy for multiple benefits*. UK: The University of Sheffield. 2015. P. 1-9.
11. *Rasconi S., Gall A., Winter K., Kainz M.J.* Increasing Water Temperature Triggers Dominance of Small Freshwater Plankton // *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10(10).
12. Архив погоды в Екатеринбурге. Режим доступа: <https://rp5.ru/> Дата обращения: 27.10.2020.
13. *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. Vol. 31(6). 1299-1308.
14. *Di Cristo C., Esposito G., Leopardi A.* Modelling trihalomethanes formation in water supply systems // *Environmental Technology*. 2013. Vol. 34(1). С. 61-70.
15. *Хлыстов И.А., Щукина Д.А., Кузьмина Е.А., Плотко Э.Г., Брусницына Л.А.* Подходы к нормированию органического углерода и необходимость его обязательного контроля в питьевой воде // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. Т.9(330). С. 61-66.
16. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. EPA 822-F-18-001. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/dwtable2018.pdf> (дата обращения: 27.03.2019).
17. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРЕННЫХ ФОРМ КРЕМНИЯ В ВОДЕ МЕТОДОМ
АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ В ГРАФИТОВОЙ КЮВЕТЕ**

Штин Т.Н., Гурвич В.Б., Галашева О.Е., Хлыстов И.А., Шеломенцев И.Г.

Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих
промпредприятий Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

Неудачина Л.К., Штин С.А.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого Президента
России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: HlistovIA@ymrc.ru

Ключевые слова: вода, кремний, атомная абсорбция, модификатор, атолизатор, карбидное покрытие, матрица.

Разработана методика определения растворенных форм кремния в воде с использованием атомно-абсорбционного спектрометра высокого разрешения с источником непрерывного спектра contrAA® 700 и электротермической техникой атомизации проб в графитовой кювете с поперечным нагревом. Термическая стабилизация кремния в графитовой печи достигнута в присутствии смешанного палладиево-магниевого модификатора в нитратной форме. Химические помехи устранены в результате модифицирования графитовых кювет перманентным модификатором, вольфраматом натрия, с образованием карбидного покрытия. Мешающее влияние матричных компонентов пробы устранено предварительным химическим разделением и химической обработкой анализируемых матриц в атолизаторе на стадии высушивания раствора пробы. Для оптимизации температурно-временной программы атолизатора выбрана вода с общей минерализацией более 2 г/дм³. Разработанный способ анализа применен для определения содержания растворенных форм кремния в воде. Методика определения кремния в воде аттестована и зарегистрирована в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (Россия).

**DETERMINATION OF DISSOLVED FORMS OF SILICON IN WATER BY ATOMIC
ABSORPTION SPECTROMETRY IN A GRAPHITE CUVETTE**

Shtin T.N., Gurvich V.B., Galasheva O.E., Khlystov I.A., Shelomentsev I.G.

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial
Workers, Ekaterinburg, Russia

Neudachina L.K., Shtin S.A.

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia e-mail:
shtintn@ymrc.ru

Keywords: water, silicon, atomic absorption, modifier, atomizer, carbide coating, matrix.

A method for the determination of dissolved forms of silicon in water was developed using a high-resolution atomic absorption spectrometer with a continuous spectrum source of contrAA® 700 and an electrothermal technique for atomizing samples in a graphite cuvette with transverse heating. Thermal stabilization of silicon in a graphite furnace was achieved in the presence of a mixed palladium-magnesium modifier in the nitrate form. Chemical interference was eliminated by modifying graphite cuvettes with a permanent modifier, sodium tungstate, to form a carbide coating. The interfering influence of the matrix components of the sample is eliminated by preliminary chemical separation and chemical treatment of the analyzed matrices in the atomizer at the stage of drying the sample solution. To optimize the temperature-time program of the atomizer, water with a total mineralization of more than 2 g/dm³ was selected. The developed method of analysis is used to determine the content of dissolved forms of silicon in water. The method for

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в разработке методики определения кремния в воде, содержащегося в его растворенных формах, определена обеспечением населения безопасной и химически безвредной водой. Соединения кремния являются составной частью многих природных и промышленных вод. В настоящее время на территории Российской Федерации (РФ) установлен гигиенический норматив на кремний – 10 мг/дм³, но во многих водах водоисточников питьевого водоснабжения это значение превышено. Поэтому знание природы соединений кремния в воде является важным условием для выработки оптимальных режимов водоподготовки.

Кремний входит в состав различных соединений, присутствующих в воде [1]. Основным источником поступления растворенных форм кремния в воду являются горные породы, фитопланктон и гидробионты. Содержание растворенного кремния в питьевой воде может быть обнаружено в результате его поступления от антропогенных источников. К антропогенным источникам относится промышленность строительных материалов и прочей продукции для строительной индустрии. Растворенные соединения кремния в воде могут существовать в виде: неорганических комплексных гексафторсиликатов (CoSiF_6 , MgSiF_6 , CuSiF_6 , PbSiF_6); кремнийфтористоводородной кислоты (H_2SiF_6); кремния, химически связанного с органическим веществом растительной или животной ткани; силикатов ($2 - \text{SiO}_3$, $4 - \text{SiO}_4$); орто-кремниевой кислоты (H_4SiO_4).

Определение кремния в питьевой воде имеет особое значение для многих субъектов РФ. В настоящее время для определения кремния всё больше используются современные аналитические методы лабораторного контроля.

В условиях развития технической базы лабораторий и большого выбора аналитических материалов метод ЭТААС высокого разрешения с источником непрерывного спектра прекрасно подходит для решения задачи определения растворенных форм кремния в воде. Данная современная модификация атомно-абсорбционного метода обладает большим количеством преимуществ [2, 3], среди которых возможность одновременно регистрировать аналитический сигнал атомного поглощения и фона, регистрировать спектральный интервал вокруг аналитической линии определяемого элемента и устанавливать причины фона, расширить диапазон построения градуировочной зависимости $A_{\text{int}} = f(C_{\text{Si(IV)}})$, определять кремний в сложных матрицах с приемлемой погрешностью и увеличить производительность анализа.

Целью данной работы являлась разработка атомно-абсорбционного метода определения растворенных форм кремния в воде в графитовой кювете.

Объекты исследований. Для анализа была выбрана вода природная: подземная и поверхностная.

Отбор проб. Отбор проб воды проводили в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05 и ГОСТ 31861.

Реагенты и материалы. Реагенты, использованные в работе, имели чистоту не ниже II группы, 3 подгруппы по ГОСТ 13867.

Оборудование. В работе использовали атомно-абсорбционный спектрометр высокого разрешения с непрерывным источником спектра модели contrAA® 700 с электротермической техникой атомизации проб, ксеноновой лампой сплошного спектра излучения в спектральном диапазоне от 190 до 900 нм, двойным Эшелле-монокроматором, прибором с зарядовой связью (ПЗС или англ. CCD), автодозатором MPE 60, и графитовыми кюветами с поперечным нагревом (все фирмы «Analitik Jena AG», Германия). Для работы в режиме высокого разрешения с источником непрерывного спектра ЭТААС использован защитный газ – аргон высокой чистоты.

Для определения кремния в виде молибдокремниевго комплекса спектрофотометрическим методом использовали спектрофотометр СФ-2000-02, производства ЗАО «ОКБ СПЕКТР», Россия. Электронно-микроскопические исследования графитовых поверхностей печей выполняли на сканирующем электронном микроскопе HITACHI Regulus SU8220, производства «Hitachi», Япония.

Модификаторы. Химические помехи предотвращали созданием защитного покрытия из более тугоплавкого карбида в точке дозирования пробы путем внесения автодозатором на платформу печи 20 мкл раствора вольфрамата натрия с массовой концентрацией 0,60 моль/дм³ (по вольфраму) и прокаливания печи с образованием карбидного покрытия при пятикратной обработке (рис. 1).

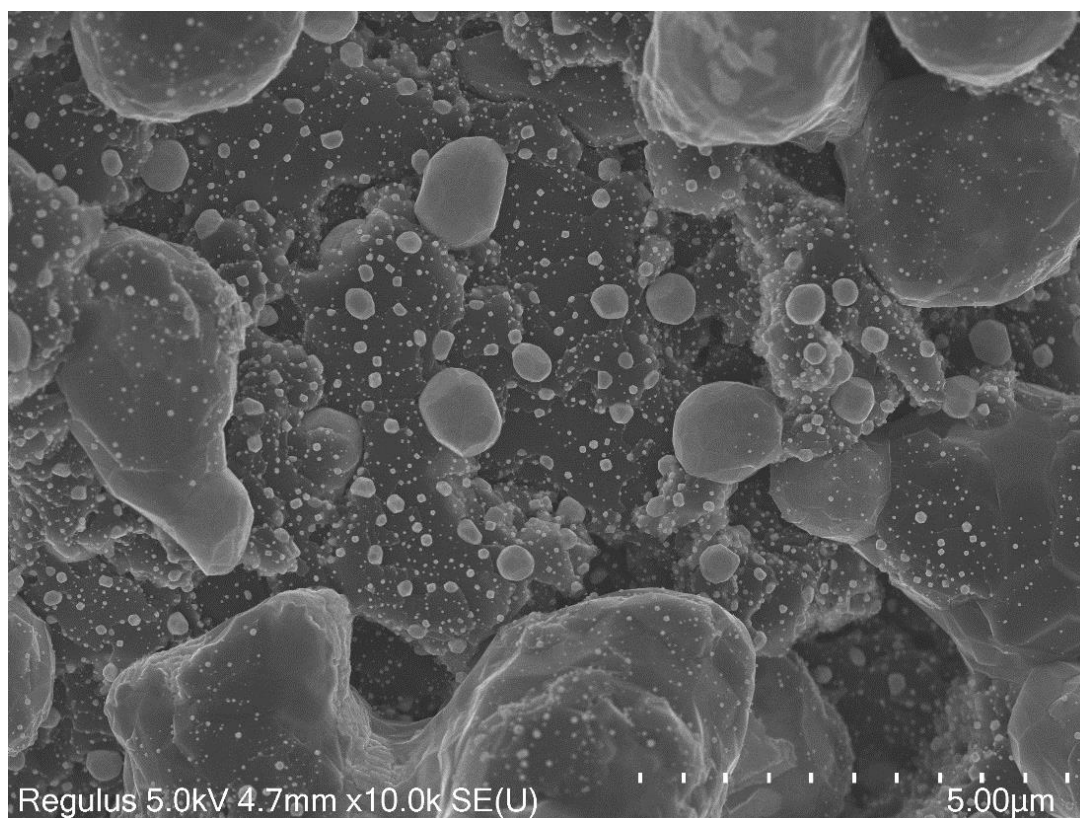


Рис. 1. Фотография с изображением металлических частиц вольфрама с разрешением 5 мкм на графитовой поверхности печи после термической обработки вольфрамом натрия. Сканирующая электронная микроскопия.

Свойства перманентного модификатора сохранялись свыше 300 циклов измерений при температуре очистки печи 2800 °С.

Термическая стабилизация кремния в графитовой печи достигалась в присутствии смешанного палладиево-магниевого модификатора в нитратной форме.

При определении кремния в хлоридных матрицах очень сильные помехи на стадии атомизации оказывало высокое содержание матричных хлорид-ионов. Добавление избытка нитрата железа [4] приводило к замещению хлорид-ионов нитрат-ионами при проведении стадии высушивания раствора пробы и низкотемпературному удалению хлорид-ионов в виде хлорида железа (или гидрохлорида) на стадии пиролиза.

Предварительное химическое разделение компонентов пробы. Измерению массовой концентрации кремния мешали матричные компоненты пробы. Испарение матричных компонентов пробы, сульфат-ионов, на стадии атомизации вызывало широкополосное молекулярное поглощение (рис. 2).

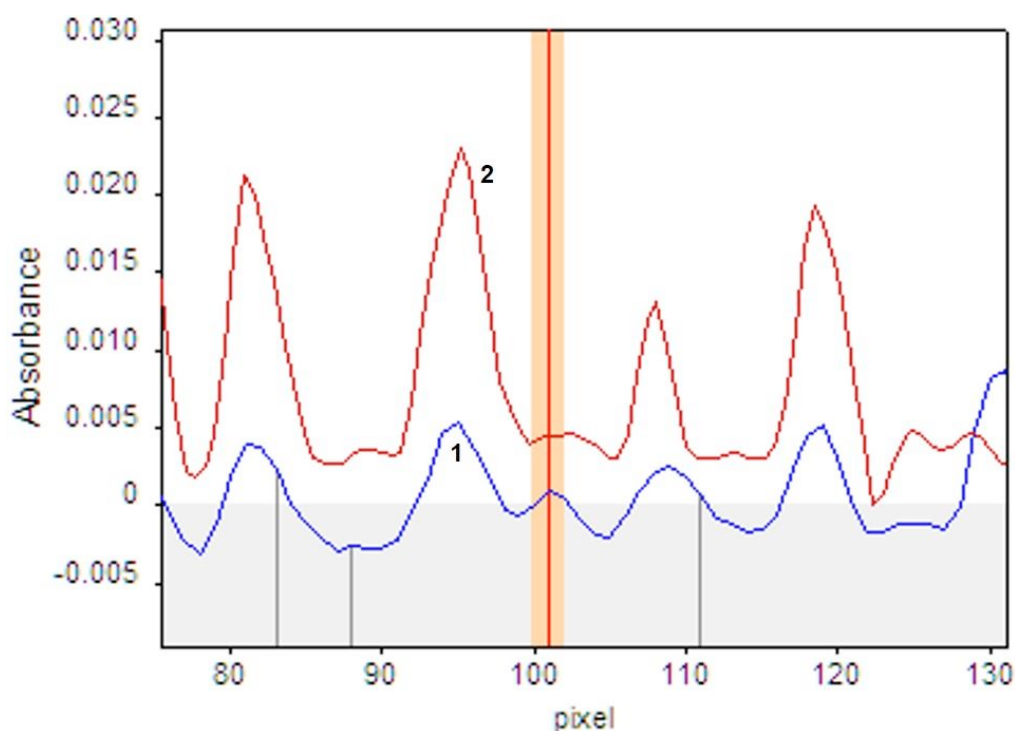


Рис. 2. Спектр атомного поглощения кремния в 20 мкл воды подземной из скважины с содержанием сульфат-ионов $3.56 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³:
1 – спектр поглощения кремния, 2 – спектр фонового поглощения.

Влияние сульфат-ионов устраняли предварительным осаждением с помощью введения в анализируемую пробу воды 10 %-ного раствора нитрата бария. Дальнейшие определение кремния проводили в фильтрате.

Инструментальные параметры. Режимы ввода модификаторов в графитовую кювету представлены на рис. 3.

Анализ реальных объектов. Разработанный способ анализа был применен для определения содержания кремния, содержащегося в его растворенных формах в природной воде.

Массовую концентрацию кремния рассчитывали по градуировочной зависимости $A_{\text{int}} = f(C_{\text{Si(IV)}})$ (рис. 4).

Результаты анализов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Определение кремния, содержащегося в его растворенных формах, в природной воде

Анализируемая проба воды	Метод анализа			
	ЭТААС		СФ	
	$C_{\text{Si}} \cdot 10^5$, моль/дм ³	C_{Si} , мг/дм ³	$C_{\text{Si}} \cdot 10^5$, моль/дм ³	C_{Si} , мг/дм ³
Вода подземная	4,52±0,41	1,27±0,11	4,66±0,47	1,31±0,13
Вода поверхностная	0,434±0,039	0,122±0,011	Менее 1,78	Менее 0,50

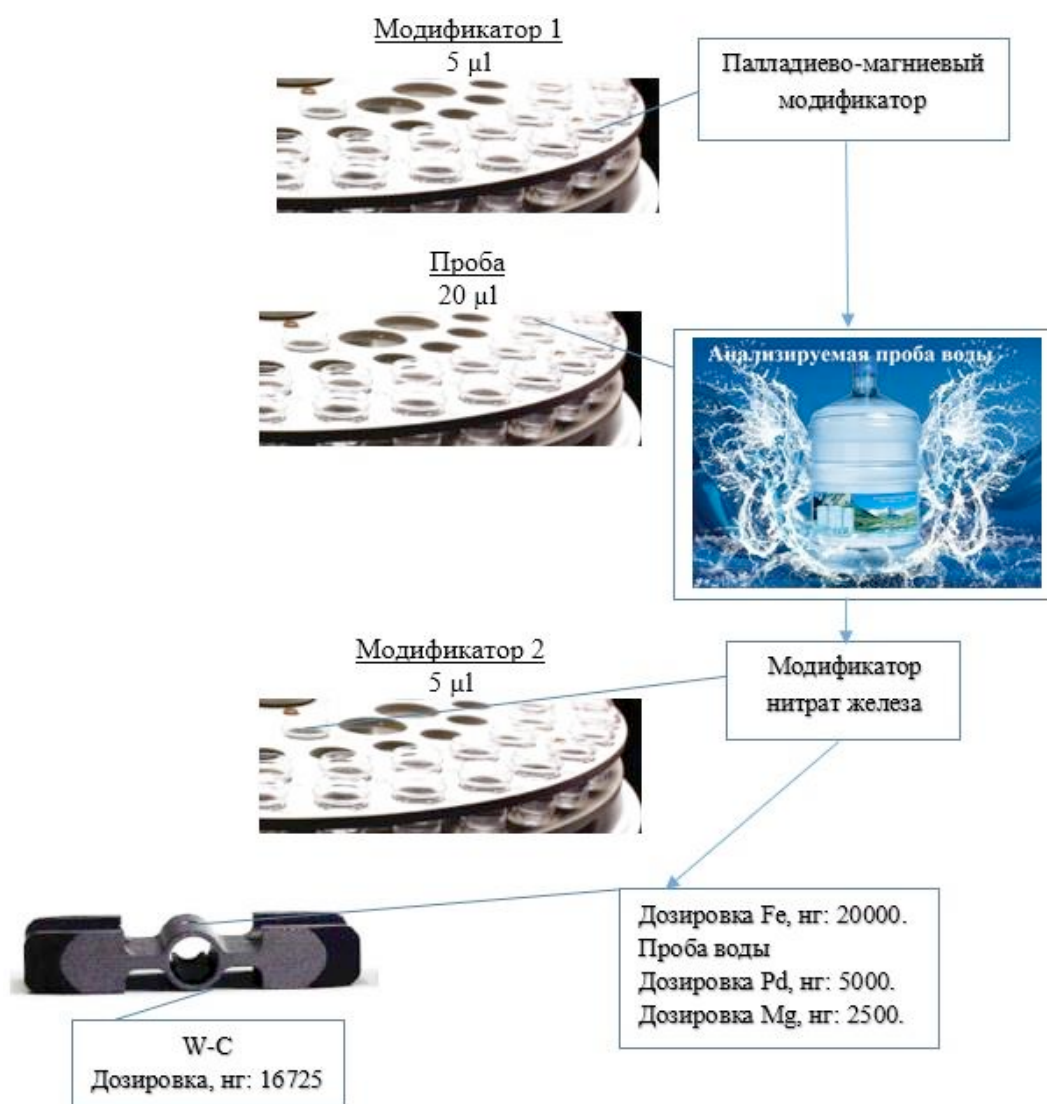


Рис. 3. Режимы ввода модификаторов в графитовую кювету.

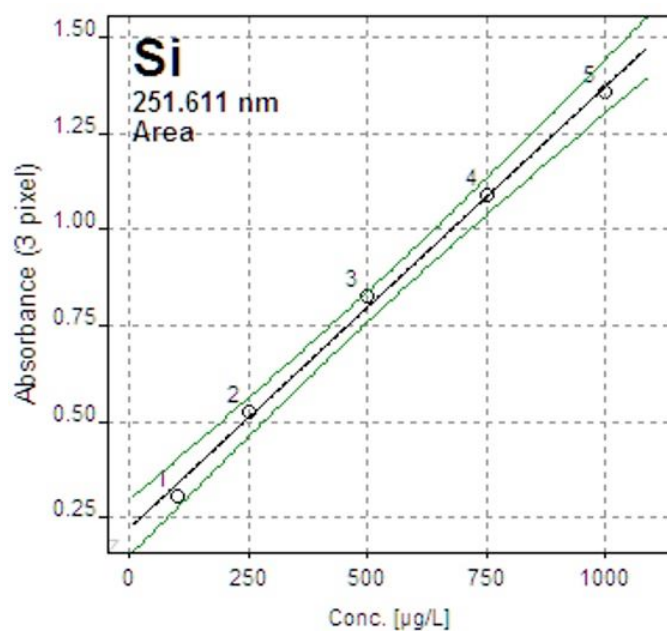


Рис. 4. Градуировочная характеристика определения кремния.

Сравнение результатов, полученных методом ЭТААС высокого разрешения с источником непрерывного спектра, с результатами, полученными спектрофотометрическим методом (СФ) (табл. 1) в виде молибдосилициевой гетерополикислоты желтого цвета показывает, что найденные величины концентраций хорошо согласуются между собой в пределах погрешности до 3.1 %. При реализации методики точность измерений не превышает установленных норм в ГОСТ 27384.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана методика определения растворенного кремния в воде методом атомно-абсорбционной спектроскопии в графитовой кювете. Показано развитие и внедрение в лабораторную деятельность современного метода ЭТААС высокого разрешения с источником непрерывного спектра. Методика позволяет определять растворенные формы кремния с приемлемой погрешностью в воде, предназначенной для удовлетворения питьевых потребностей и культурно-бытовых нужд населения. Предложенный подход позволит рассматривать вопрос о дифференцированном нормировании допустимого содержания разных форм кремния в питьевой воде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронков М.Г., Кузнецов И.Г.* Кремний в живой природе. Новосибирск: Наука, 1984. 155 с.
2. *Пупышев А.А.* Атомно-абсорбционные спектрометры высокого разрешения с непрерывным источником спектра // Аналитика и контроль. 2008. Т. 12. № 3-4. С. 64-92.
3. *Филатова Д.Г., Еськина В.В., Барановская В.Б., Карпов Ю.А.* Современные возможности электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии высокого разрешения с непрерывным источником спектра // Журнал аналитической химии. 2020. Т. 75. № 5. С. 387-393. <https://doi.org/10.31857/S0044450220050047>.
4. *Потапова В.Г., Гребенюк Н.Н., Бланк А.Б.* Атомно-абсорбционное электротермическое определение кремния в монокристаллах на основе галогенидов щелочных металлов // Журнал аналитической химии. 1998. Т. 53. № 8. С. 875–878.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

INNOVATIVE TECHNIQUES OF THE PRODUCTION
WATER SUPPLY SYSTEMS

ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Браяловский Г.Б., Насчетникова О.Б., Мигалатий Е.В., Шабунин А.Ф.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: bgb@rambler.ru

Ключевые слова: промывные воды, водоподготовка, коагулянт, флокулянт, экозоль, праестол.

Статья посвящена реагентным методам очистки промывных вод скорых фильтров станций водоподготовки поверхностных вод. Проведен обзор существующих подходов к использованию промывных вод скорых фильтров. В ходе исследовательской работы проведена реагентная обработка промывной воды скорых фильтров с помощью коагулянта «Бопак-Е», флокулянтов «Праестол» и реагента сорбента-соосадителя «Экозоль-401». Подобраны дозы реагентов и показана эффективность по очистке воды от мутности и цветности. Предложенная технология обработки промывных вод позволяет после отстаивания и фильтрования получить воду питьевого качества.

RECYCLING OF THE SURFACE WATER TREATMENT PLANTS WASHWATERS

Brayalovsky G. B., Naschetnikova O. B., Migalatiy E. V., Shabunin A.F.

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
e-mail: bgb@rambler.ru

Keywords: washwater, water treatment, coagulant, flocculants, ecosol, praestol.

The article analyses chemical methods to treat washwater from rapid filters at surface water treatment plants. The review of existing approaches to the application of rapid filter washwater is carried out. During the research work washwater from rapid filters was chemically treated with coagulant «Bopak-E», flocculants «Praestol», and sorbent-coprecipitant reagent «Ecosol-401». The doses of reagents were selected and the efficiency of water purification from turbidity and chromaticity was shown. The proposed technology of washwater treatment allows to obtain drinking quality water after sedimentation and filtering.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы охраны природных вод от загрязнения с каждым годом приобретают все большую актуальность. В настоящее время для их очистки, как правило, проектируются сооружения с двух–трехступенчатыми технологическими схемами. Эксплуатация таких сооружений требует большого количества реагентов и значительного расхода воды на собственные нужды. Обработка сбросных вод от отстойников, фильтров, осветлителей со слоем взвешенного осадка, контактных осветлителей и реагентного хозяйства с соблюдением правил охраны поверхностных источников от загрязнений позволяет снизить теряемый объем и негативное влияние на водоемы.

В промывных водах от водопроводных станций содержатся почти все загрязнения, находящиеся в источнике водоснабжения и задержанные при осветлении природной воды. В их состав входят также реагенты, вводимые при очистке природной воды, причем с концентрацией значительно большей, чем дозы при обработке воды.

Рассматривая проблему обработки промывных вод в общем комплексе вопросов охраны водных ресурсов, следует отметить, что она остается одной из наименее разработанных, наиболее технически сложных и дорогостоящих. Успешное решение этой проблемы требует изучения состава, структуры и свойств сбросных вод, возможности изменения исходных свойств промывных вод, а также определения оптимальных параметров технологических схем, обеспечивающих обработку промывных вод различного исходного качества [1].

В практике очистки промывных вод можно выделить несколько основных направлений:

- подача промывных вод в трубопроводы перед смесителем станции очистки через резервуар-усреднитель, непосредственно в смесители после отстаивания, в смесители после специальной обработки;

- сброс промывных вод в канализационные сети с последующей подачей их на очистные сооружения;

- сброс промывных вод без обработки в водоем или на специально выделенные участки рельефа местности (без очистки) [2].

Технологически и экономически целесообразно выделять промывные воды фильтровальных сооружений из основного процесса водоподготовки и использовать их после очистки по другому назначению, например, для той же промывки фильтров. Однако промывку скорых фильтров рекомендуется проводить фильтрованной водой. Таким образом, качество промывных вод, используемых для повторных промывок фильтров, должно соответствовать качеству очищенных природных вод [3]. Это порождает необходимость в поиске эффективных технологий очистки промывных вод, в том числе с применением реагентных процессов.

Существующие решения переработки промывных вод

Учитывая огромные объемы сбросов (5–15 % от общей производительности водопроводных станций) и потребляемых реагентов, проблема обработки и повторного использования сточных вод требует незамедлительного решения [4].

В целях рационального использования воды и охраны среды обитания на водоочистных комплексах рекомендуется применять повторное использование воды после промывки скорых фильтров и контактных осветлителей. На повторное использование может также направляться осветленная вода над осадком в технических отстойниках и отстойниках промывных вод, сгустителях, в накопителях и площадках обезвоживания осадка. Следует отметить необходимость проведения технологических изысканий и обоснования применения повторного использования промывных вод фильтровальных сооружений в каждом конкретном случае. Необходимость тщательных обоснований повторного использования, промывных вод обусловлена значительным изменением качества исходной воды и, соответственно, усложнением технологии приготовления воды, что может привести к нарушению режимов очистки природных вод и ухудшению качества обработанной воды [4].

Оборот промывных вод скорых фильтров, т. е. создание системы повторного использования промывных вод (СПИПВ) скорых фильтров, как в прошлом, так и в настоящем развивается по нескольким направлениям.

Первое направление — **«подача в голову очистных сооружений промывных вод без отстаивания»** из промежуточного резервуара (фактически выполняющего функцию усреднителя). В результате уменьшается до минимума перерыв между сбросом воды и началом ее подачи из резервуара-усреднителя и обеспечивается накопление основной массы осадка только в отстойных сооружениях. Кроме того, при подаче неосветленной воды происходит введение коагулированной взвеси в исходную воду, что должно улучшить процесс коагуляции и седиментации, особенно при низких исходных значениях мутности.

Исследования, проведенные на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» Ростовского государственного строительного университета (РГСУ), свидетельствуют о том,

что при введении промывной воды в количестве 15 % от расхода основного потока, не происходит ухудшения качества осветления исходной воды, и не требуется увеличения доз применяемых реагентов.

Несмотря на вышеперечисленные преимущества, по мнению авторов, при применении этого метода имеются некоторые вопросы — непостоянство качества промывных вод, подаваемых в голову сооружений, и необходимость поддержания загрязнений во взвешенном состоянии [5].

Второе направление — **«подача в голову очистных сооружений с предварительным отстаиванием»**. Использование отстаивания (безреагентного или с применением реагентов) в резервуаре-усреднителе или в отдельном отстойнике позволяет получить на входе в голову сооружений сбросную воду постоянного качества, подаваемую с постоянным расходом. В результате основные сооружения работают в стабильном режиме как по расходу, так и по приросту содержания взвешенных веществ за счет добавки сбросных вод. Введение в сбросную воду реагентов и использование систем перемешивания (значительно меньшей мощности, чем при поддержании загрязнений во взвешенном состоянии) дают возможность варьировать качество воды на выходе и гарантировать более узкий интервал колебания качественных показателей по сезонам года. Также для этого направления следует указать возможность варьирования места подачи очищенной промывной воды в основную схему при изменении ее качества и нюансов функционирования основных сооружений [6].

Третье направление — **«очистка сбросных вод до требуемого качества (питьевого, для промывки фильтров, полива и т. п.) с последующим применением»** — может рассматриваться как развитие второго направления. Вода после отстойника (резервуара-усреднителя) направляется на дальнейшую очистку (в основном это фильтры) либо на объект потребления на основании качества отстоянной воды. В этом случае не уменьшается расход от водозаборных сооружений и отсутствует влияние сбросных вод на основной поток, однако появляются дополнительные объемы воды, которые могут быть применены для соответствующих целей с определенной экономической отдачей.

Четвертое направление развития — **«сочетание методов»** — представляет собой синтез выше рассмотренных направлений, который призван с учетом экономических, технологических и иных факторов оптимизировать работу очистных сооружений водопровода в целом и системы повторного использования промывных вод скорых фильтров, в частности.

Авторами были изучены промывные воды Западной фильтровальной станции г. Екатеринбурга и исследованы методы обработки данных вод по второму и третьему направлению.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В ходе исследований были определены показатели качества промывной воды скорых фильтров: мутность, которая составила 44,2 мг/дм³; цветность — 23 градуса и водородный показатель — 7,6.

Данные промывные воды практически не отстаиваются, гидравлическая крупность намного ниже 0,1 мм/с.

Для очистки данных вод был опробован реагент — оксихлорид алюминия (ОХА) марки «БОПАК-Е». Данный коагулянт имеет ряд преимуществ перед другими алюмосодержащими коагулянтами и широко внедрен в водное хозяйство Свердловской области [7].

Результаты обработки коагулянтом промывных вод показаны на рис. 1 и рис. 2.

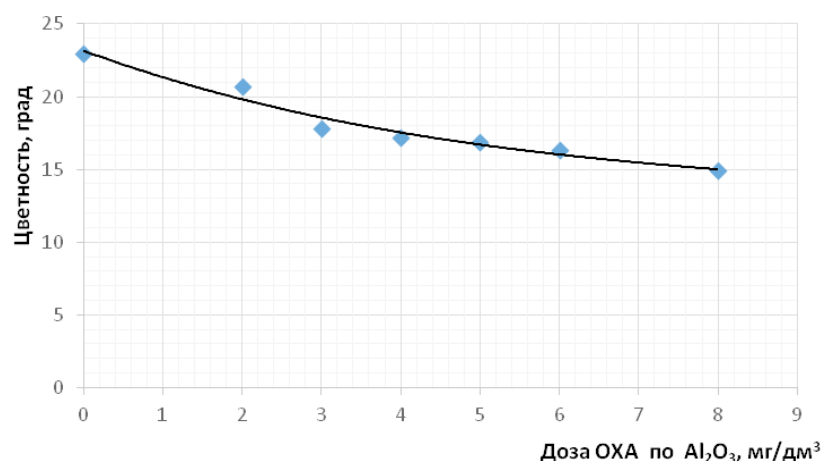


Рис. 1. Влияние дозы ОХА на цветность осветленной воды.

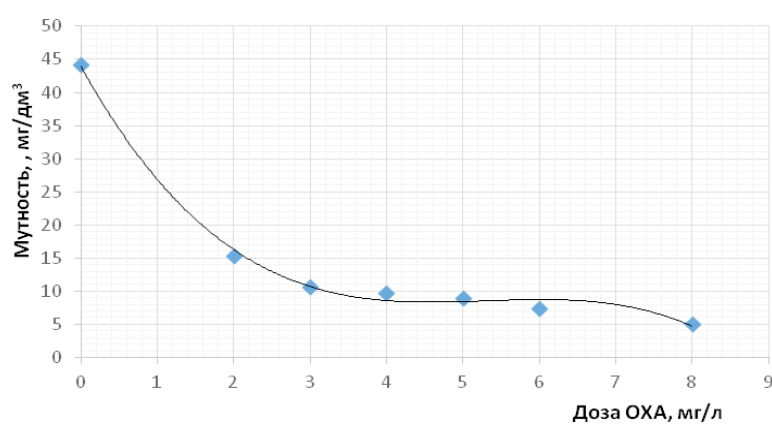


Рис. 2. Влияние дозы ОХА на мутность осветленной воды.

Как видно из рис. 1 и 2, в ходе проведения опытов было установлено, что оптимальной дозой коагулянта оксихлорида алюминия, необходимой для обработки промывных вод скорых фильтров, является 3 мг/дм^3 по Al_2O_3 , дальнейшее увеличение дозы нецелесообразно.

Для интенсификации процесса коагуляции были испытаны флокулянты марки Праестол, которые вводились после коагулянта.

Результаты экспериментов приведены на рис. 3 и рис. 4.

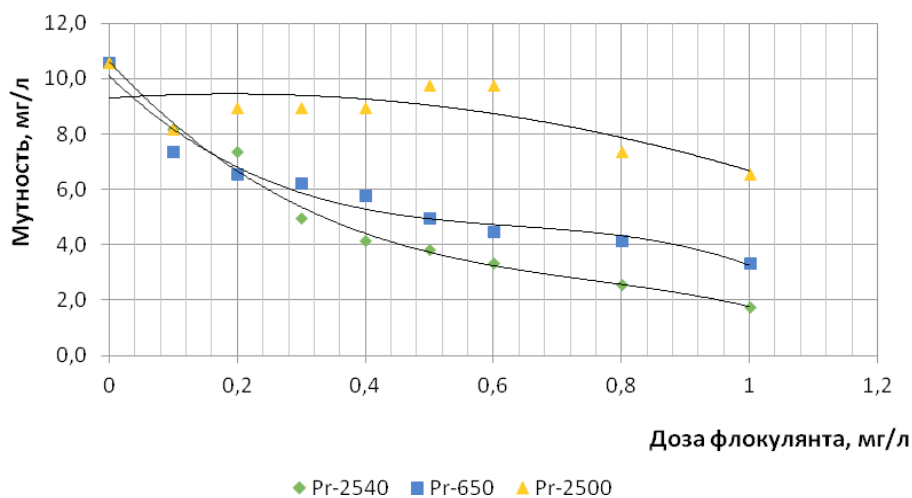


Рис. 3. Влияние дозы флокулянтов на мутность осветленной воды (доза коагулянта 3 мг/дм^3 по Al_2O_3).

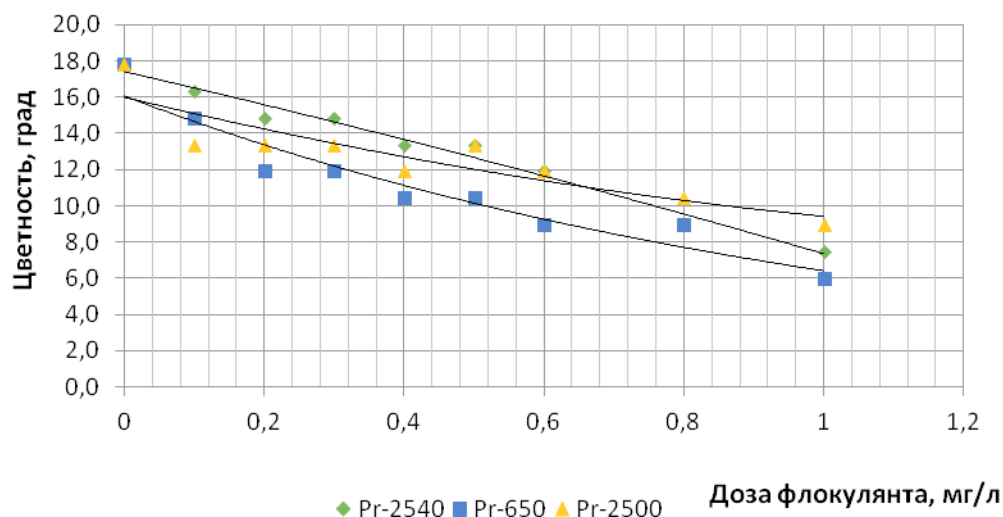


Рис. 4. Влияние дозы флокулянтов на цветность осветленной воды (доза коагулянта 3мг/дм³ по Al₂O₃).

По рис. 3 и 4 видно, что наиболее эффективным является анионный флокулянт Pr-2540. Его эффективность достигает 96 % при дозе 1 мг/дм³.

Введение флокулянта обуславливает интенсификацию коагуляции, снижается мутность, цветность, возрастает эффект осветления, но при этом наблюдается низкая скорость осаждения частиц. Для повышения гидравлической крупности было принято решение о введении дополнительного реагента – «Экозоль-401» [8]. Доза данного реагента принята – 50 мг/ дм³. Результаты эксперимента показаны на рис. 5.

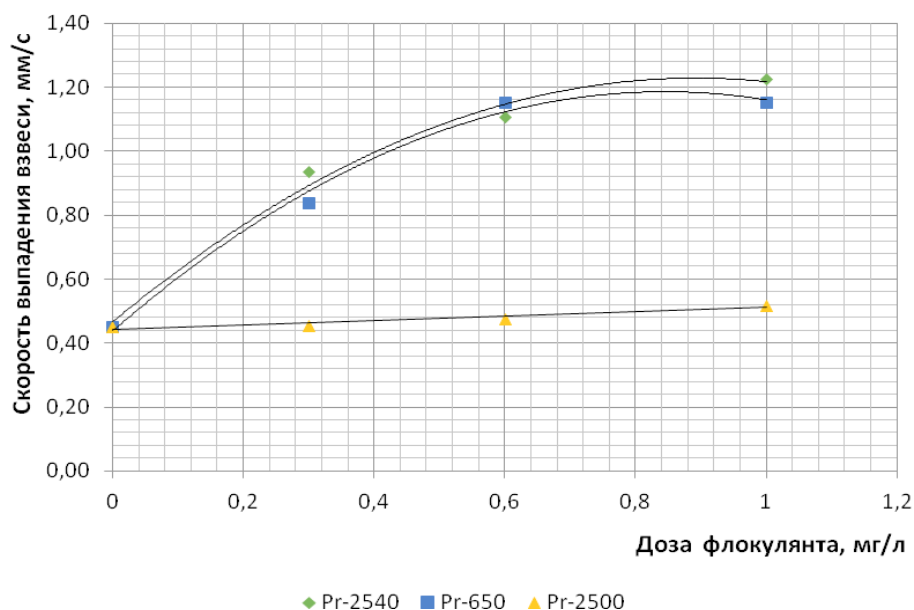


Рис. 5. Влияние дозы флокулянта на гидравлическую крупность взвеси (доза ОХА - 3мг/дм³; доза "Экозоля-401" – 50 мг/дм³).

По графику видно, что гидравлическая крупность для катионного и анионного флокулянта практически одинакова, при увеличении дозы она возрастает. Повышение дозы неионогенного флокулянта практически никак не повлияло на гидравлическую крупность, ее изменения незначительны.

ВЫВОДЫ

В ходе исследовательской работы проведена реагентная обработка промывной воды скорых фильтров с помощью коагулянта «Бопак-Е», флокулянтов «Праестол» и реагента сорбента-соосадителя «Экозоль-401».

В первой серии опытов определены показатели качества промывной воды скорых фильтров: мутность, которая составила 44,2 мг/дм³; цветность – 23 градуса и водородный показатель – 7,6.

Во второй серии опытом найдена оптимальная доза коагулянта оксихлорида алюминия «Бопак-Е», необходимая для обработки промывных вод скорых фильтров, которая составила 3 мг/дм³ по Al₂O₃. При введении данной дозы коагулянта наблюдается снижение мутности до 10 мг/дм³, цветности – 16. Эффект осветления достигает 76 %. Снижение показателя pH незначительно.

На последнем этапе работы определены тип и оптимальная доза флокулянта «Праестол». Наилучший эффект осветления наблюдался при введении анионного флокулянта Pr-2540, оптимальная доза которого составила 0,6 мг/дм³. Показатели качества осветленной воды: мутность – 3,4 мг/дм³, цветности – 9 градусов.

Для повышения скорости хлопьеобразования и осаждения введен реагент «Экозоль-401» в количестве 50 мг/дм³. После его введения гидравлическая крупность увеличилась до 1,11 мм/с.

Предложенная технология обработки промывных вод позволяет после отстаивания и фильтрования получить воду питьевого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реагентное осветление промывных вод скорых фильтров / Д.А. Бутко [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 9. С. 53–56.
2. Комплексная оценка процессов очистки промывных вод водопроводных станций в Западной Сибири/ М.И. Урванцева, Н.Д. Артеменок // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 2. С. 25–29.
3. Технология очистки и повторного использования промывных вод/ Е.Л.Войтов [и др.] // Известия вузов. Строительство. 2014. № 6. С. 59–65.
4. Методика определения основных технологических параметров сооружений систем водоснабжения и водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадка / Водоснабжение: в 2 т. Т. 1. М.: ООО «ТКГруппа», 2014. 327 с.
5. Бутко Д.А. Промывные воды скорых фильтров и их повторное использование / Д. А. Бутко. Ростов- на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2009. 122 с.
6. Бутко Д.А. Некоторые аспекты создания схем полного оборотного цикла промывных вод станций водоподготовки / Д.А. Бутко, В.А. Лысов, Г.В. Поповьян // Санитарная техника и экология. Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1. С. 114–118.
7. Богомазов О.А. Внедрение коагулянта оксихлорида алюминия "БОПАК-Е" на водоочистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга [Электронный ресурс] / О.А. Богомазов, А.А. Пьянков. Режим доступа: бопак.рф.
8. Глубокая очистка нефтесодержащих сточных вод с применением отстойников-флокуляторов и нанодисперсных реагентов/ Ю.А. Галкин, Г.А. Селицкий // Водоснабжение и канализация. 2009. №7–8. С. 54–64.

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Селицкий Г.А., Ермаков Д.В., Обадин Д.Н.

Группа компаний ЭКО-ПРОЕКТ, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: mail@eco-project.ru

Ключевые слова: промышленные сточные воды, горнорудные предприятия, качество сточных вод, отстойник-флокулятор,

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.

**RESULTS OF DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE MINING/METALLURGIC
INDUSTRY WASTEWATERS TREATMENT TECHNIQUES**

Galkin Y.A., Ulasovets E.A., Selitskiy G.A., Ermakov D.V., Obadin D.N.

EKO-PROYEKT companies group, Ekaterinburg, Russia

e-mail: mail@eco-project.ru

Keywords: industrial wastewaters, mining plants, wastewater quality, settling flocculator

Wastewaters of mining enterprises (mines, pits and quarries) are formed predominantly of accompanying waters of atmospheric and ground origin contaminated due to water erosion of gob/unconditional ore dumps. As a rule, the wastewaters quality does not correspond to the norms of discharge to natural water bodies in terms of many indicators, therefore a treatment technique should stipulate correction of pH and excretion of suspended substances (including petrol products), heavy metals, iron, sulfates and nitrogen group compounds Mining enterprises wastewater treatment technique should be, on the one hand, reliable and secure decreasing of pollutants concentration to the normative indicators and, on the other hand, should be economically feasible to be used by a legal entity.

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 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 сточных вод с последующим флокуляционным перемешиванием и тонкослойным отстаиванием на отстойниках-флокуляторах. За счет правильно 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:

- Фильтрация (через зернистую загрузку или перегородку – ультрафильтрация).
- Биологический метод – на биопрудах и биологических плато. Метод обладает высокой эффективностью в плане доочистки сточных вод от тяжелых металлов, нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Предлагаемая принципиальная схема комплексной технологии очистки сточных вод горнорудных предприятий представлена на рис. 1.

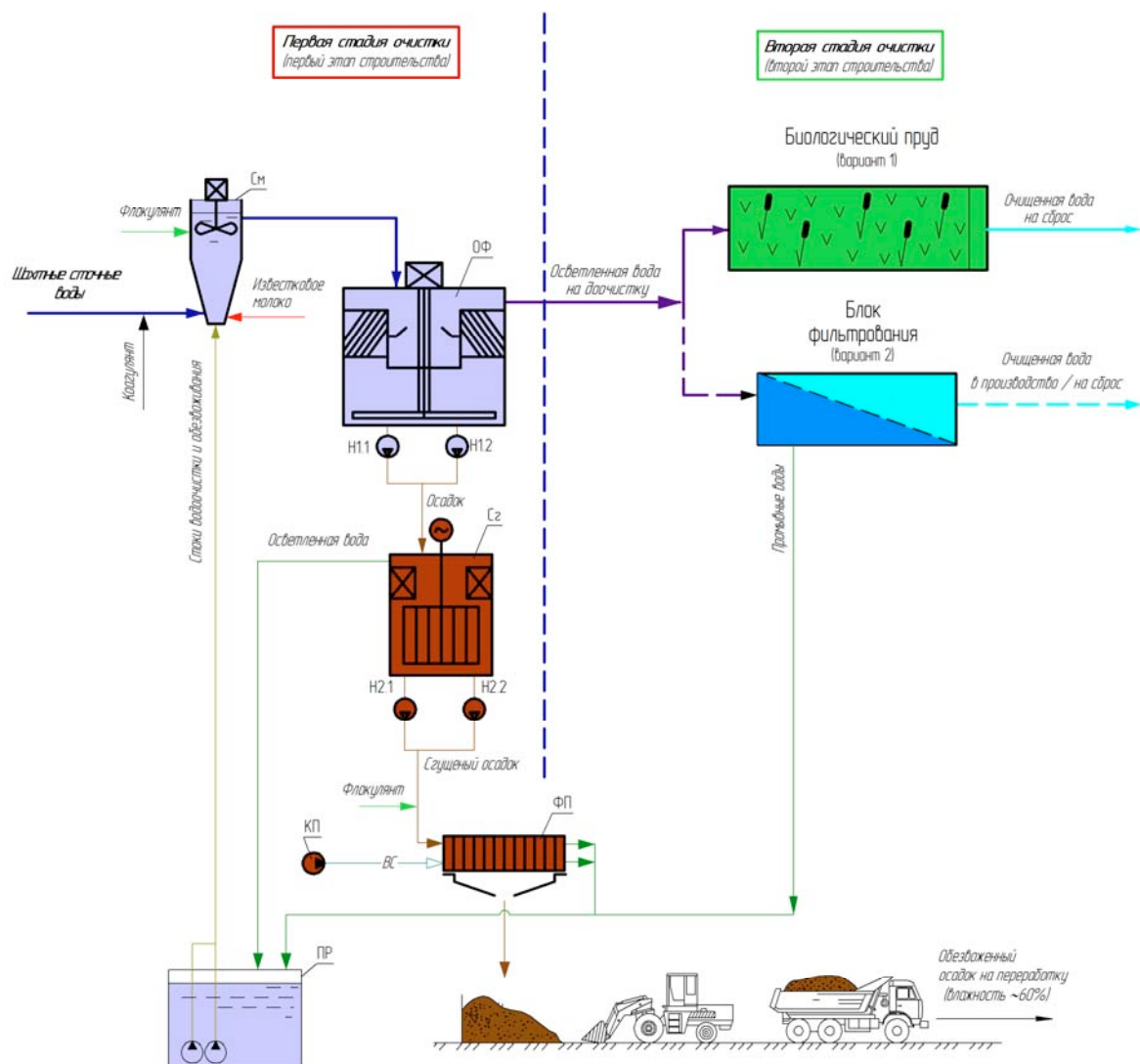


Рис. 1. Принципиальная схема очистки сточных вод горнорудных предприятий:
См – смеситель, ОФ – отстойник-флокулятор типа «ЭП», Сг – отстойник-флокулятор типа «ЭП_{СГ}» для сгущения осадка, ФП – фильтр-пресс, КП – компрессор, ПР – приемный резервуар, Н1,2 – насосы.

Промышленные установки с использованием изготовленного ЭКО-ПРОЕКТ специального водоочистного оборудования успешно функционируют на Сибайском месторождении медно-цинковых руд (до 400 м³/ч) и на угольной шахте «Увальная» Кузнецкого угольного бассейна (I-й пусковой комплекс – 450 м³/ч).

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 подтовальных вод медно-цинкового рудника. Блок физико-химической очистки и обезвоживания осадка производительностью 400 м³/ч.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОКАЛИНОМАСЛОСОДЕРЖАЩИХ ОСАДКОВ В АППАРАТАХ ОКУД

Галкин Ю.А., Янькина И.А.

Научно-проектная фирма «ЭКО-Проект», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: mail@eco-project.ru

Ключевые слова: сточные воды, обратное водоснабжение, окалинomasлосодержащие осадки.

При очистке сточных вод систем обратного водоснабжения агрегатов горячей прокатки металла и МНЛЗ в радиальных отстойниках и отстойниках-флокуляторах образуются окалинomasлосодержащие осадки (ОМО), откачиваемые из этих аппаратов в виде пульпы шламовыми насосами. Осадки представляют собой гетерогенную трехфазную эмульсионно-суспензионную систему [1] с содержанием высокодисперсной окалины 40-80 г/л, нефтепродуктов (минеральных масел и смазок) 3-15 г/л и с влажностью 92-95 %. При последующем сгущении она может быть снижена ориентировочно до 90 % для возможности перекачки осадка насосами на установки обезвоживания, где влажность должна быть доведена до 15-20 % по условиям транспортировки и подготовки к утилизации.

A DEYDRATION TECHNIQUE FOR CINDER/OIL CONTAINING SLUDGE WITH THE USE OF OKUD APPARATUS

Galkin Y.A., Yankina I.A.

«EKO-Projekt» Scientific/designing firm, Ekaterinburg, Russia

e-mail: mail@eco-project.ru

Keywords: wastewaters, recycling water supply, cinder/oil containing sludge.

Cinder/oil containing sludge is formed in radial settlers and settling flocculators in the process of waste water treatment in the hot-rolling mills recycling water supply systems. This sludge is to be pumped from these devices as a pulp with sludge pumps. The sludge is a heterogeneous three-phase emulsion/suspension system [1] containing 40 – 80 g/l highly dispersed cinder, 3 -15 g/l petrol products (mineral oils and lubricants) with 92-95 % humidity. With the subsequent concentration it can be decreased to approximately 90 % for possible pumping of the sludge with pumps to the dehydration devices where humidity should be made up to 15-20 % according to the conditions of transporting and preparation for utilization.

Традиционные технологии обезвоживания концентрированных гетерогенных систем, прежде всего суспензий, применительно к эмульсионно-суспензионным системам имеют существенные недостатки. Так, при фильтровании ОМО через пористые перегородки происходит интенсивное и практически необратимое закупоривание их пор, а применение для защиты пористых перегородок намывных слоев фильтровспомогателей существенно усложняет и удорожает процесс. Использование центробежного оборудования связано с его абразивным износом и образованием сильнозагрязненного фугата, индивидуальная очистка которого чрезвычайно сложна, а совместная с оборотной водой значительно ухудшает ее качество. Обезвоживание ОМО на шламовых площадках и в бункерах обычных конструкций неудобно в эксплуатации и малоэффективно.

Цель разработки новой технологии обезвоживания ОМО, рассматриваемой в настоящей статье – повышение ее эффективности при удешевлении и упрощении эксплуатации.

Достаточно близкими по физико-химическим свойствам к эмульсионно-суспензионным системам, к которым относится ОМО, являются суспензии. Известно, что наиболее быстро и глубоко процесс обезвоживания концентрированных суспензий фильтрованием протекает в неоднородном пористом слое, сформированном при гидравлической классификации полидисперсных систем, когда направление потока жидкой фазы совпадает с направлением укрупнения твердых частиц. Это наблюдается, например, при фильтровании концентрированных суспензий на горизонтальной перегородке ленточных вакуум-фильтров, когда поток фильтрата движется сверху вниз, а наиболее крупные твердые частицы, оседаясь с наибольшей скоростью, располагаются непосредственно на поверхности фильтровальной перегородки, защищая ее от закупоривания [2]. При этом степень полидисперсности твердой фазы во всех горизонтальных слоях по сравнению с исходной суспензией в результате классификации уменьшается, а пористость возрастает, что также способствует уменьшению гидравлического сопротивления осадка.

Аналогичная идея положена в основу разработанных в ЭКО-ПРОЕКТе технологии и аппарате ОКУД (аббревиатура от терминов: *отстаивание – классификация – уплотнение – дренирование*). Аппарат предназначен для обезвоживания ОМО, твердая фаза которых также является полидисперсной. Принципиальная схема аппарата показана на рис. 1 [3]. Гидравлическая классификация дисперсной фазы происходит в горизонтальном потоке пульпы, при этом крупность частиц, оседающих в аппарате, уменьшается в направлении потока, а последующее дренирование накопленного осадка осуществляется через зернистые кассетные фильтры в противоположном горизонтальном направлении, т.е. от мелких частиц к крупным. Такая схема дренирования позволяет увеличить ресурс работы кассетного фильтра до закупоривания и смены загрузки, а также снизить гидравлическое сопротивление дренируемого слоя осадка.

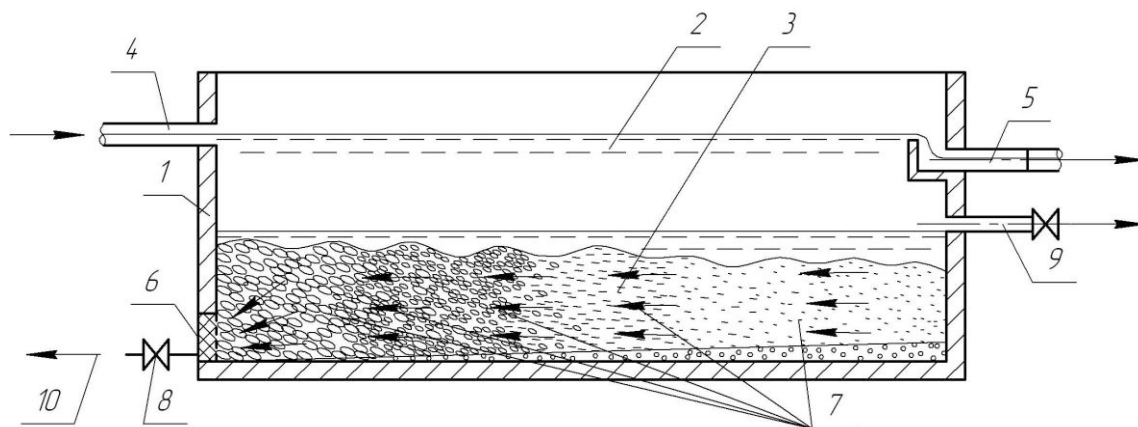


Рис. 1. Аппарат ОКУД: 1 – корпус; 2 – зона осаждения; 3 – зона накопления уплотненного осадка; 4 – подача исходного осадка (пульпы); 5 – отвод осветленной воды; 6 – кассетный фильтр; 7 – классифицированный уплотненный осадок; 8 – вентиль кассетного фильтра; 9 – отвод надосадочной воды; 10 – отвод фильтрата.

Закономерности классификации частиц полидисперсных систем с жидкой дисперсионной средой можно изучать на примере работы горизонтальных отстойников [4]. Пробы осадка отбирали из 10 точек, равномерно распределенных по длине типового горизонтального отстойника оборотного цикла водоснабжения непрерывного трубопрокатного агрегата, их обезвоживали, обезмасливали и определяли гранулометрический состав частиц окалины. Полученные табличные зависимости массы окалины $D(\delta)$, г, как функции соответствующих диапазонов размера частиц от 0 до δ , мкм, изображали в виде интегральных («накопительных») графиков $D(\delta) = f(\delta)$ на логарифмически вероятностной координатной сетке (рис. 2).

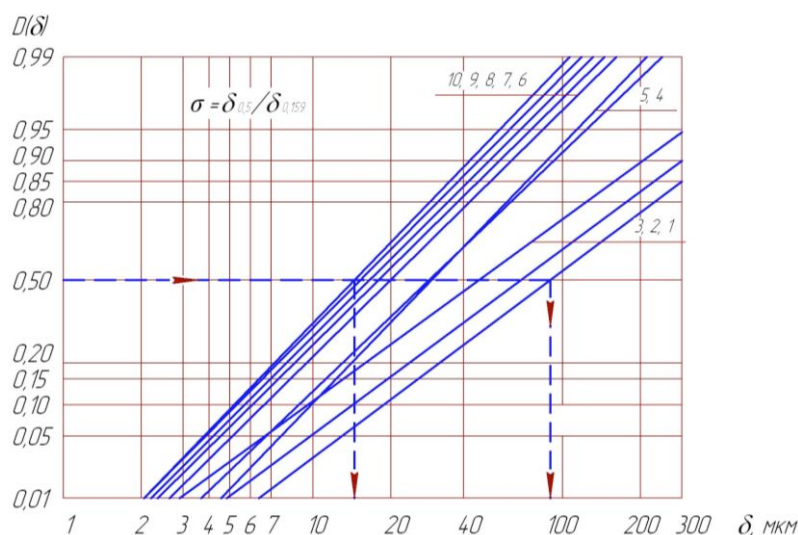


Рис. 2. Интегральная функция распределения массы частиц твердой фазы осадков ОМО₁ – ОМО₁₀ по седиментационным диаметрам.

Поскольку все 10 графиков в этой системе координат представляют собой прямые линии, то можно утверждать, что распределение гранулометрического состава частиц соответствует логарифмически нормальному статистическому закону [5]:

$$D(\delta) = 1/(\sqrt{2\pi} \cdot \lg \sigma) \cdot \int_{-\infty}^{\lg \delta} \exp\left[-(\lg \delta - \lg \delta_{0.5})^2 / (2 \lg^2 \sigma)\right] d \lg \delta,$$

где $\lg \sigma$ – среднее квадратичное отклонение, а $\lg \delta_{0.5}$ – медиана. Средний размер частиц $\delta_{0.5}$ разделяет массу окалины на две части по 50 %. На рис. 2 показано определение средних размеров частиц окалины в осадке в месте входа воды в отстойник (ОМО₁) и на выходе из него (ОМО₁₀), которые соответственно равны 90 и 14 мкм. Величина σ отражает разброс размеров частиц окалины в пробе осадка относительно средней величины $\delta_{0.5}$.

Промышленное внедрение аппаратов ОКУД проведено в 2005 г. для обезвоживания ОМО из трех отстойников-флокуляторов диаметром 10 м производительностью по 800–1000 м³/час системы оборотного водоснабжения стана 250 Нижне-Сергинского метизно-металлургического завода (НСММЗ). В неотапливаемом здании участка обезвоживания построено четыре аппарата с размерами каждого 4х15х5 (h) м, оборудованных сменными кассетными фильтрами. В свободный аппарат шламовыми насосами подается жидкий осадок, при этом сгущенный осадок накапливается на дне и уплотняется, а осветленная вода отводится в оборотную систему. Заполнив сгущенным осадком до высоты слоя 3,5–4 м ориентировочно в течение 2 мес., подачу пульпы в аппарат прекращают, надосадочную воду сливают и открывают вентиль отвода фильтрата из кассетных фильтров для дренирования осадка в течение 3–4 недель. По окончании дренирования осадок со средней влажностью 15 % выгружают грейферным краном в железнодорожные вагоны (рис. 3).

К настоящему времени в части кассетных фильтров фильтрующий материал заменен, а другие фильтры эксплуатируются в течение нескольких лет с первоначально уложенным материалом без заметного снижения скорости дренирования.

Ввиду того, что участок обезвоживания размещен в неотапливаемом здании, предусмотрено укрытие аппаратов съемными щитами и проток неохлажденной оборотной воды через аппараты, заполненные осадком. Поэтому дренирование и разгрузка обезвоженного осадка в транспорт производятся при наступлении сезона с положительной температурой воздуха, количество рабочих циклов «заполнение-дренирование» равно 2–3 в год, а удельная нагрузка по окалине при средней высоте слоя осадка 4 м составляет 20–30 тонн в год на 1 м² площади аппарата.



Рис. 3. Участок обезвоживания ОМО оборотного цикла стана 250 НСММЗ.

В случае размещения участков обезвоживания в отапливаемых зданиях и благоприятных условий транспортировки обезвоженного ОМО, количество рабочих циклов может быть увеличено до 4–5 в год, а удельная нагрузка соответственно возрастет до 40–50 т/(м²·год).

В целях достаточно полного осветления выходящей из аппарата воды удельную гидравлическую нагрузку следует принимать равной 0,5–0,6 м³/(м²·час). Поэтому при производительности шламовых насосов, подающих жидкий осадок в аппарат, 25–30 м³/час площадь каждого аппарата должна быть не менее 50–60 м².

Разработанный аппарат типа ОКУД можно использовать для обезвоживания и других осадков сточных вод, однако его применение наиболее актуально для обезвоживания ОМО, когда другие методы и аппараты малоэффективны. Простота конструкции и эксплуатации, малая энергоемкость, отсутствие быстроизнашивающихся деталей, высокая эффективность разделения жидкой и твердой фаз осадка, относительная компактность участка обезвоживания (вследствие совмещения во времени и в едином аппарате процессов накопления, сгущения, обезвоживания и хранения до отгрузки потребителям) определяют конкурентоспособность разработанной технологии и показывают целесообразность ее применения при строительстве и реконструкции водного хозяйства металлургических заводов, прежде всего – для оборотных циклов водоснабжения цехов горячей прокатки металла и МНЛЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин Ю.А. Эмульсионно-суспензионные микрогетерогенные системы и их классификация // Химия и технология воды. 1989. Т. 11. № 11. С. 1048–1051.
2. Малиновская Т.А., Кобринский И.А., Кирсанов О.С., Рейнфарт В.В. Разделение суспензий в химической промышленности. М.: Химия, 1983. 264 с.
3. Пат. 2286197 РФ «Горизонтальный отстойник» / Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Сидорова И.А. Опубл. в Б.И., 2006. № 30. 29 с.
4. Галкин Ю.А., Рабинович А.Л., Березюк В.Г. Некоторые закономерности взаимодействия частиц дисперсной фазы окалинмаслосодержащих сточных вод // Химия и технология воды. 1989. Т. 11. № 5. С. 397–399.
5. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов: 3-е изд., перераб. Ленинград: Химия, 1987. 264 с.

ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ УСЛОВНО ГРЯЗНЫХ ВОД К МЕСТАМ ВЫПУСКА В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Кузнецов В.Н.

Общество с ограниченной ответственностью «Инженерная Инфраструктура»,
г. Екатеринбург, Российская Федерация
e-mail: v.kuznecov@ing-in.ru

Ключевые слова: поверхностно ливневые сточные воды, условно чистый сток, сброс на рельеф, выпуск в водный объект, водоотводные каналы, негативное воздействие на окружающую среду.

В статье рассматриваются проблемы образования условно чистого стока, возможные варианты транспортировки поверхностных ливневых сточных вод до водных объектов, необходимые технические мероприятия и изменения законодательства для решения выявленных проблем.

PROBLEMS OF CONDITIONALLY DIRTY WATERS TRANSFER TO THE POINTS OF DISCHARGE TO WATER BODIES

Kuznetsov V.N.

Engineering Infrastructure Limited Liability Company, Yekaterinburg, Russia
e-mail: v.kuznecov@ing-in.ru

Keywords: surface storm water, conditionally clean runoff, discharge to the terrain, discharge to the water body, drainage ditches, negative impact on the environment.

The article deals with the problems of the formation of conditionally clean runoff, possible options for the transportation of surface storm water to water bodies, the necessary technical measures and changes in legislation to solve the identified problems.

В настоящее время в связи с меняющимся законодательством некоторые привычные процессы жизнедеятельности человека получили негативную экологическую оценку. В частности, под лозунгом «борьбы с эрозией» был выведен из обращения термин «сброс на рельеф».

Внимательно рассмотрев это определение в условиях Уральского региона, мы можем выявить несколько причин происхождения сточных вод, которые невозможно (в силу экономических причин) направить в централизованные системы водоотведения. Прежде всего это небольшие населенные пункты с отсутствующей инфраструктурой централизованного водоотведения (рис. 1).

Число населенных пунктов, имеющих канализацию (на конец года)	Значение
Данные Росстата, январь 2015	
Города	1088
в процентах от общего их числа	98
Поселки городского типа	1053
в процентах от общего их числа	84
Сельские населенные пункты	7311
в процентах от общего их числа	5

Рис. 1. Статистика поселений.

Конечно, необходимо строить подобные системы во всех населенных пунктах, но подобные мероприятия растянутся на долгие годы. Между тем, эти населенные пункты уже сейчас нарушают природоохранное законодательство (собственно, они всегда жили в таких условиях и для них ничего, кроме требования законодательства об организованном выпуске в водный объект, не изменилось).

Еще хуже обстоит ситуация с удаленными от водных источников поселений. Там не существует даже абстрактной возможности сбросить собранный сток в водный объект. Его потребуется транспортировать системой трубопроводов и перекачивающих станций до водного объекта, с возложением затрат на эксплуатацию этих систем на проживающее население. Еще один пример возникновения сточных вод связан с водоподготовкой на территориях с низкокачественными источниками питьевой воды. Современные технологии обратного осмоса позволяют получить качественную для потребления питьевую воду. При этом образуется до 60 % промывной воды (рассола) с концентрацией природных загрязняющих веществ выше в несколько раз по сравнению с исходной водой. Сбрасывать эту воду на рельеф запрещено. Для выпуска в водный объект ее необходимо почистить до уровня водоема рыбохозяйственного назначения, что влечет значительные финансовые и энергетические затраты. Кроме того, расположение поселков также бывает значительно удалено от естественных водных объектов.

В условиях Уральского региона обустройство полей фильтрации невозможно из-за геологического строения. Таким образом, появляется вынужденное нарушение законодательства со стороны административных органов власти, которые не предпринимают действий по упорядочиванию ситуации с организованным сбросом сточных вод в силу вышеприведенных причин. Понимая, что за относительно короткий период времени сложившуюся ситуацию не решить, необходимо сознательно пойти на некоторые четко зафиксированные допущения в качестве исключения из сформированного законодательного поля.

Проводя анализ существующих ситуаций, можно сделать вывод о необходимости выбора приоритетов природоохранного и санитарного законодательства. Так, установки обратного осмоса, обеспечивающие население доброкачественной питьевой водой, по сути, выделяют загрязнения природного характера из приготавливаемой питьевой воды.

Что нам важнее здоровье человека или очень сомнительное загрязнение природы выделенным при очистке воды рассолом? Учитывая объемы водопотребления в подобных населенных пунктах, представляется крайне низким воздействие подобного загрязнения на окружающую среду. К тому же публикаций и исследований на эту тему крайне мало.

По факту население таких поселков и деревень соблюдает санитарную безопасность, используя накопительные ямы для фекальных стоков и сливая остальную образующуюся сточную воду в местные овраги и водоотводные канавы. При этом за столько лет воздействия никакого существенного вреда окружающей среде установлено не было.

Таким образом можно констатировать возможность исключения требований по централизованному водоотведению в населенных пунктах менее 500 человек, по классификации [1] сверхмалые очистные сооружения (далее по тексту – ОС) (рис. 2).

Наименование диапазона мощности ОС	Расход поступающих сточных вод, м ³ /сут ¹⁾	Нагрузка по БПК ₅ на ОС ЦСВ со сточными водами, поступающими из населенного пункта, кг/сут ²⁾	Условная числен- ность, в единицах ЭЧЖ
Сверхкрупные	Свыше 600 тыс.	Более 180 тыс.	Более 3 млн.
Крупнейшие	200–600 тыс.	60–180 тыс.	1–3 млн.
Крупные	40–200 тыс.	12–60 тыс.	200 тыс. — 1 млн.
Большие	10–40 тыс.	3 тыс. — 12 тыс.	50–200 тыс.
Средние	4–10 тыс.	1200–3000	20–50 тыс.
Небольшие	1–4 тыс.	300–1200	5–20 тыс.
Малые	100–1000	30–300	500–5 тыс.
Сверхмалые	10–100	3–30	50–500

Рис. 2. Классификация по мощности ОС.

При наличии системы централизованного водоотведения можно рекомендовать механическую очистку сточных вод: если водный источник может подвергнуться существенному загрязнению, что необходимо устанавливать исследовательскими работами, то необходимо предусматривать очистные сооружения.

В случае удаленности населенного пункта с централизованной системой водоотведения от водного источника более 500 м предлагаем допустить использование в качестве водоотведения водоотводных канав (таким образом, узаконивая сброс на рельеф).

Следующим численным переделом в системах централизованного водоотведения стоят населенные пункты численностью до 5000 человек, по классификации [1] малые ОС. Как правило, такие поселения уже имеют многоквартирные дома, централизованное водоснабжение и водоотведение с очистными сооружениями биологической очистки хозяйственно-бытового стока и стихийно сложившейся системой ливневой канализации из дренажных канав без оформленного выпуска в водный объект.

Очистные сооружения хозяйственно-бытовой канализации, как правило, имеют оформленный выпуск. С учетом ограниченности территории целесообразно объединять выпуски двух систем для обеспечения контроля загрязнения водного объекта. С учетом единого выпуска поверхностно-ливневого стока целесообразна установка очистных сооружений поверхностного стока с разделением потоков на «условно чистый» и «загрязненный» по принципу «первые 15 минут поступающих залповых поверхностных сточных вод содержат 90% загрязнений» [2].

Последняя рассматриваемая категория – населенные пункты численностью до 50 000 человек с централизованной системой водоотведения, по классификации [1], средние ОС. Как правило, в этих относительно крупных городах система ливневой канализации поверхностная, сформированная придорожными кюветами, достаточно хорошо справляется со своей функцией отведения поверхностных ливневых вод. К сожалению, с паспортизацией выпусков и оборудованием их системами механической очистки дела обстоят плачевно. В большинстве муниципалитетов выпуски ливневоков не оформлены и не оборудованы системами очистки (рис. 3).

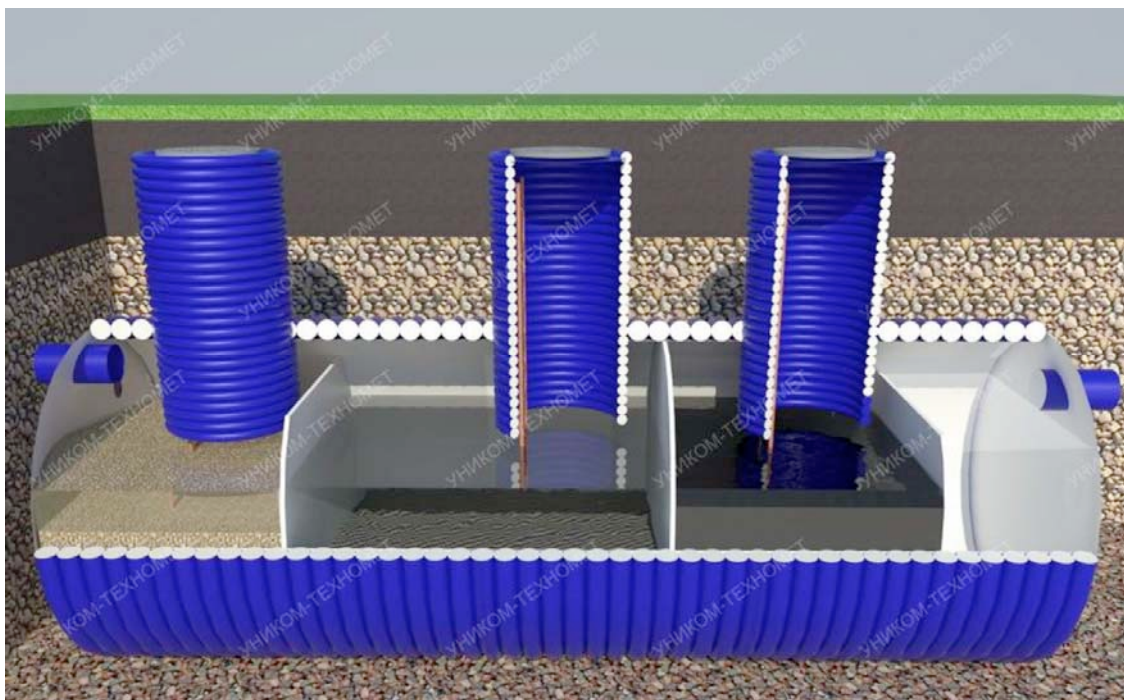


Рис. 3. ЛОС (ливневые очистные сооружения).

С учетом маловодных водных источников в Уральском регионе и высоким уровнем урбанизации поселений, подобные города оказывают значительное негативное воздействие на водные источники сбросом поверхностных стоков без очистки. В этих населенных пунктах необходима организация ливневой канализации в объединенные системы с организованными, оформленными выпусками и оснащенными системами механической очистки в водные объекты.

Населенные пункты с большей численностью в данной работе не рассматриваются в виду их потенциальной (финансовой и организационной) возможности привести свои системы канализации в соответствии с действующим законодательством.

Поверхностные сточные воды — это сточные воды, принимаемые в централизованные системы водоотведения, к которым относятся дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные и дренажные сточные воды, отводимые с поверхности земельных участков.

Существующие противоречия строительного, природоохранного и санитарного законодательств выдвигают противоречивые требования к вариантам исполнения поверхностно ливневой канализации. Согласно [3]: 4.2. «На территории населенных пунктов, как правило, следует предусматривать закрытую систему водоотвода. Применение открытых водоотводящих устройств допускается для районов малоэтажной индивидуальной застройки, для парковых территорий с устройством мостков или труб на пересечениях с дорогами; 4.6. На очистные сооружения должна отводиться наиболее загрязненная часть поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий. Для селитебных территорий и промплощадок предприятий, близких к ним по загрязненности, через очистные сооружения должно проходить не менее 70 % объема годового стока; 4.7. поверхностные воды с селитебной территории водосборной площадью до 20 га, имеющие самостоятельный выпуск в водный объект, а также с городских лесопарков допускается сбрасывать без очистки, если эти водные объекты не являются источниками питьевого водоснабжения; 4.8. степень очистки поверхностных сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, должна отвечать требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения" и "Правил охраны поверхностных вод" в зависимости от установленной категории водопользования водного объекта, места расположения хозяйственного объекта относительно него и условий сброса

очищенных вод. При этом следует учитывать разбавление сточных вод водой водоема-приемника и степень загрязнения водного объекта». Законодательством [2] они не запрещены, однако природоохранное законодательство запрещает загрязнять почвы сточными водами. По санитарному законодательству [4], «П.4.1.2. Не допускается сброс промышленных, сельскохозяйственных, городских сточных вод, а также организованный сброс ливневых сточных вод в черте населенных пунктов», при этом мы понимаем, что водный источник часто проходит через населенный пункт. «П.6.7. Сброс сточных и дренажных вод в черте населенных мест через существующие выпуски допускается лишь в исключительных случаях при соответствующем технико-экономическом обосновании и по согласованию с органами государственной санитарно-эпидемиологической службы. В этом случае нормативные требования, предъявленные к составу и свойствам сточных вод, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к воде водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования». По природоохранному законодательству [5], «П. 2.4. Особое внимание следует уделять почвам, прилегающим к предприятиям и объектам промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйств, транспорта, которые по характеру своей деятельности могут загрязнять почву посредством выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод». Согласно [6] «П.10. Для объектов централизованных систем водоотведения поселений или городских округов в отношении загрязняющих веществ, не относящихся к технологически нормируемым веществам, нормативы допустимых сбросов устанавливаются комплексным экологическим разрешением или рассчитываются при подаче декларации о воздействии на окружающую среду в целях расчета нормативов состава сточных вод абонента».

Таким образом, налицо противоречие основных законодательных актов между собой и не учитывающих разницу в объектах воздействия на окружающую среду и человека. Незаслуженно забыта возможность использования в городской застройке открытых систем ливневой канализации – лотков, кюветов дорог, дренажных канав. Необходимо учитывать требования к отсутствию фильтрации и инфильтрации негерметизированных водоотводных канав. Мероприятия по герметизации сводят к нулю преимущество низкой себестоимости таких сооружений, хотя и оставляют преимущество простоты обслуживания.

Из приведенных примеров становится понятна необходимость гармонизации смежных законодательств (единые подходы и требования), необходимость дифференциации подходов к разным по численности населенным пунктам в части требований к составу и организации систем поверхностно ливневой канализации, паспортизации выпусков и очистных сооружений физической очистки стоков перед выпуском в водный объект.

Учитывая многофакторность указанных задач к вопросам технического обследования систем водоотведения, проектирования системы водоотведения и сооружений очистки поверхностных сточных вод, необходимо привлекать специализированные проектные институты, обладающие высоко квалифицированными кадрами и опытом работы в конкретном регионе с учетом геологических особенностей и рельефа. Одним из таких учреждений на Урале является проектно-инжиниринговый институт «Инженерная инфраструктура» (ООО ИНЖИН, <https://ing-in.ru/>), на счету которого сотни запроектированных объектов поверхностно-ливневой канализации различных масштабов от решений для точечной жилой застройки до крупных региональных объектов: международный выставочный центр «Экспо-Екатеринбург», площадка для XXXII Всемирной летней Универсиады-2023, жилые районы «Солнечный» и «Академический» в г. Екатеринбурге.

Для высокоэффективной эксплуатации применяемого оборудования необходимы простые конструктивные решения, проверенный годами опыт эксплуатации на объектах-аналогах и низкие требования к строительным работам (учитывая удаленность объектов и возможное отсутствие высококвалифицированного персонала для монтажных и наладочных работ). Подобные решения предлагает производственное предприятие «Уником» (ООО ЗНПО УНИКОМ, <https://unikom2001.ru/>), выпускающее комплектные очистные сооружения

поверхностно-ливневого стока полной заводской готовности различных размеров и производительности. Качество изделий обеспечено уникальной инновационной технологией спирально витых профилированных полиэтиленовых труб (рис. 4), обеспечивающих высокую кольцевую прочность изделий, высокую ремонтпригодность и широкий ассортимент изготавливаемых изделий (диаметром до 3,0 м и неограниченной длины). Их изделия эксплуатируются в разных областях промышленности и коммунального хозяйства страны.



Рис. 4. Изделие «Уником».

ВЫВОДЫ

1. Современное состояние правовой базы в области поверхностных ливневых сточных вод требует гармонизации между нормативными актами строительного, экологического и санитарного законодательства.
2. Необходимо законодательно определить понятие «сброс на рельеф» и условия применения.
3. Необходимо законодательно определить понятие «условно чистый сток» и условия применения.
4. Необходима дифференциация подходов нормирования в части состава систем и сооружений ливневых сточных вод в зависимости от количества жителей населенного пункта.
5. Целесообразно развивать использование открытых систем водоотведения (дренажных канав, дорожных кюветов) с учетом дифференцированного нормирования от количества жителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ИТС 10-2019 ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ, ГОРОДСКИХ ОКРУГОВ. Москва, 2020 г.
2. СП 32.13330.2012 КАНАЛИЗАЦИЯ. НАРУЖНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ, 2013
3. ТСН 40-302-2001 Московской обл. М., 2001.
4. 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. Москва, 2000г.
5. ГОСТ 17.4.3.04-85 Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. Москва, 1985г.
6. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 09.03.2021) "Об охране окружающей среды". М., 2014.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВЫСОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Неволина И.В., Рязанцева Н.А.

АО «Восточный научно-исследовательский углехимический институт»,
г. Екатеринбург, Россия

Сабирова Т.М.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого Президента
России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: ilonanewolina@mail.ru

Ключевые слова: предприятия металлургического комплекса, сточные воды доменной газоочистки (СВ ДГО), коксохимическое производство (КХП), сточные воды, биохимическая установка (БХУ), биохимическая очистка.

Сточные воды металлургического комплекса – одни из самых токсичных сточных вод. Глубокая очистка таких вод – приоритетная задача, направленная на решение экологической проблемы загрязнения водоемов, в частности их заболачивания. Очистка сточных вод КХП – в основном, решенная проблема. Очистка дебалансных вод доменного производства может быть решена биологической очисткой совместно со сточными водами КХП.

BIOLOGICAL TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED INDUSTRIAL WASTEWATER

Nevolina I. V., Ryazantseva N.A.

АО «VUHIN», Ekaterinburg,

T. M. Sabirova

First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russiae-mail:
ilonanewolina@mail.ru

Keywords: metallurgical enterprises, wastewater of gas cleaning blast furnace, coke-chemical plant (CCP), wastewater, acclimatization, biochemical plant (BCP), biochemical treatment.

Wastewater from the metallurgical complex is one of the most toxic wastewater. Deep purification of such waters is a priority task aimed at solving the environmental problem of pollution of water bodies, in particular, their swamping. Wastewater treatment of coke-chemical plant is basically a solved problem. The treatment of unbalanced waters of blast-furnace production can be solved by biological treatment together with wastewater from the coking plant.

На предприятиях металлургического комплекса, начиная с подготовки сырья для черной металлургии – производства кокса, и, заканчивая прокатным производством, образуются сточные воды. Наиболее токсичными и концентрированными по содержанию загрязнителей являются сточные воды коксохимического (КХП) и доменного производств (ДП).

В зависимости от местных условий и от разрешающей природоохранной документации, возможны следующие варианты очистки сточных вод:

1. Предварительная очистка на локальных очистных сооружениях (ЛОС) с последующим сбросом в центральную систему водоотведения избытка и далее для очистки на городские очистные сооружения;

2. Полный комплекс очистных сооружений и сброс очищенной воды непосредственно в водный объект или на городские очистные сооружения.

С точки зрения выполнения, оба подхода могут быть реализованы, но, с точки зрения технологии очистки и стоимости сооружений, для реализации данных способов наблюдается существенная разница.

В настоящее время актуальной экологической проблемой промышленных предприятий является решение вопросов организации и совершенствования технологии бессточного производства. Этому направлению уделяется много внимания, тем более что оно затрагивает и экономическую деятельность предприятий, так как платежи за сброс сточных вод и потребление свежей воды достаточно высоки. Причиной тому является следующее: в первом случае при глубокой очистке стоков до нормативных требований к сбросу в водоемы используются возможности городских очистных сооружений, во втором случае – вся необходимая для глубокой очистки и доочистки технология должна реализовываться на площадке локальных очистных сооружений предприятия.

Проблема глубокой очистки сточных вод КХП решена на многих металлургических предприятиях, имеющих в составе КХП и отдельных коксохимических заводах. Сточная вода КХП очищается биологическим способом от фенолов, роданидов, цианидов и соединений азота до уровня сброса на ГОС.

В доменном производстве металлургических предприятий выделяют два цикла: оборотный цикл условно чистой воды и оборотный цикл осветленной воды. Оборотный цикл условно чистой воды предназначен на периодическую промывку холодильников доменных печей. Расход воды доменного производства находится в пределах 16–20 % в общезаводском балансе. Бесперебойная подача воды доменному производству обеспечивается всеми доступными средствами.

Водоснабжение доменной печи. В типовых доменных печах с полезным объемом от 1000 до 2000 м³ применяется однотипная схема водоснабжения. Отработанная вода после охлаждения доменной печи, шиберов горячего дутья и дымовых клапанов не имеет загрязнений и может быть возвращена в оборотный цикл. Вода, поступающая на увлажнение шихты и поливку двора, теряется безвозвратно.

У доменной печи объемом 5000 м³ схема водоснабжения существенно отличается от схемы водоснабжения доменных печей, имеющих меньший объем. Наиболее важные особенности водоснабжения печей объемом 5000 м³ следующие:

- 1) применение испарительного охлаждения не только для воздухонагревателей, но и для всей охладительной системы печи, за исключением фурменной зоны;
- 2) осуществление грануляции шлака в непосредственной близости от доменной печи;
- 3) использование умягченной воды для охлаждения фурменной зоны с обособленным оборотным циклом, и охлаждением воды в теплообменниках.

Схемы водоснабжения доменного цеха. Отработанная вода доменных печей считается условно чистой, благодаря чему водоснабжение доменного цеха осуществляется по оборотной схеме.

Доменная газоочистка. Водное хозяйство газоочистки осуществляется по замкнутому оборотному циклу, так как по условиям охраны водоемов сброс в них отработанной воды запрещается. Основная причина такого решения заключается в том, что помимо большого содержания механических примесей (мелкие фракции шихты, вынесенные из доменной печи и не осевшие в первичных сухих пылеуловителях) в сточной воде газоочистки содержатся цианистые и роданистые соединения, соли аммония, высокие концентрации тяжелых металлов.

Характеристика сточных вод газоочистки. Качественный и количественный состав сточных вод газоочисток представлен в табл. 1. Наблюдаемое колебание состава отработанных вод определяется пылеватостью шихты, удельным расходом воды, конструкцией газоочистки и режимом работы печи. В среднем содержание взвешенных веществ в оборотной воде ДГО колеблется от 2000 до 3700 мг/дм³, солесодержание от 1000 до 1600 мг/дм³. Содержание прочих загрязняющих веществ, растворенных в отработанной воде, также колеблется. Температура отработанной воды также не постоянная и зависит от

удельного расхода воды, температуры подаваемой воды и типа газоочистки. Усредненная температура воды 45–50 °С. Средний перепад температуры воды в системе газоочистки 20 – 25 °С.

Табл. 1. Качество сточных вод КХП, поступающих на биохимическую очистку, и оборотных сточных вод ДГО

Определяемые параметры	Единица измерения	Содержание загрязнителей		
		КХП*	ДГО	
		Среднее	Минимум	Максимум
рН	Ед. рН	7,8 (9,0)	7,6	8,4
Взвешенные вещества	мг/дм ³	-	19,6	52,4
Нефтепродукты	мг/дм ³	40***	1,06	0,23
Фенол	мг/дм ³	300-750	0	60,2
Роданиды	мг/дм ³	200-450	7,44	230,2(445**)
Цианиды	мг/дм ³	30-35	0,017	10,2
Азот аммонийный	мг/дм ³	100****	28,32	50,09
Азот нитритный	мг/дм ³	Отс.	0,093	0,194
Азот нитратный	мг/дм ³	Отс.	0,23	2,02
Хлориды	мг/дм ³	150-330	46,61	110,3(1517**)
Сульфаты	мг/дм ³	-	649,8	691,7(3300**)
Сероводород	мг/дм ³	15-45	0,1	0,85(2,5**)
Железо	мг/дм ³	-	0,99	1,49
Медь	мг/дм ³	-	0,0126	0,023
Цинк	мг/дм ³	-	6,38	8,83
Марганец	мг/дм ³	-	0,25	0,72
Хром 6+	мг/дм ³	-	0,036	0,5
Алюминий	мг/дм ³	-	0,034	0,2
Никель	мг/дм ³	-	0,016	0,0341
Кобальт	мг/дм ³	-	0,0048	0,0066
Фосфат	мг/дм ³	-	не опр.	0,06(1,6**)
ХПК	мгО ₂ /дм ³	2000-3000	300	800
Формальдегид	мг/дм ³	-	не опр.	не опр.(2,8**)
СПАВ	мг/дм ³	-	0,055	0,061
Щелочность	мг- экв/дм ³	-	3,2	14,9(4370**)
Сухой остаток	мг/дм ³	800-1500	723	1181(14000**)

* усредненное значение концентраций сточных вод КХП, поступающих на БХУ;

** в зависимости от технологии улавливания и водного баланса доменной газоочистки печи;

*** масла коксохимические;

**** азот аммония летучий, рекомендовано содержание в поступающей сточной воде при разложении связанного аммиака в аммиачных колоннах.

Как видим, сточные воды грязного цикла ДГО по своему составу схожи со сточными водами КХП, то есть имеют схожие загрязнители такие, как роданиды, цианиды, некоторые органические вещества (фенолы, формальдегиды и пр.). Но у сточных вод ДГО имеются существенные отличия, которые заключаются в содержании металлов, растворенной

углекислоты и солесодержания, которое обусловлено образованием растворимых гидрокарбонатов.

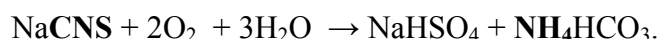
Сброс сточной воды ДГО такого качества, без предварительной очистки, за пределы предприятия категорически запрещен. Поэтому предприятия, имея оборотную систему водоснабжения, сбрасывают такие воды в золошламонакопители, заполненные за долгие годы эксплуатации и имеющие дебаланс, который вынуждены сбрасывать на городские очистные сооружения (ГОС) для очистки или сбрасывать через систему прудов без очистки напрямую в водоемы, что по современным требованиям недопустимо без предварительной очистки.

По нашему мнению, биологическая очистка является единственным способом, обеспечивающим полноту удаления роданидов и аммиака из оборотной воды ДГО. Однако из-за высокого солесодержания и щелочности оборотной воды ДГО требуется их предварительное снижение перед биологической очисткой.

Сотрудниками лаборатории очистки сточных вод и утилизации отходов АО «ВУХИН» были проведены эксперименты по адаптации роданид-разрушающей культуры к продувочной воде ДГО металлургического предприятия, не имеющего в своем составе КХП и БХУ, соответственно. Сточные воды ДГО металлургического предприятия, которые были предоставлены для проведения экспериментов, имели следующие показатели качества, мг/дм³: солесодержание 18200 ± 910 , сульфаты 2780 ± 278 , роданиды 300 ± 39 , ХПК 510 ± 76 мгО₂/дм³. рН такой воды составлял $9,37 \pm 0,6$. Сточную воду с таким солесодержанием и высоким рН биологически чистить не представляется возможным.

Тем не менее, оказалось возможным реализовать комплексную технологию очистки продувочных оборотных вод доменной газоочистки (ДГО). Для этого необходимо было изначально перед биологической очисткой провести частичное обессоливание сточной воды, которое можно реализовать за счет удаления кальция ионным обменом для снижения очень высокой (4400 мг/дм³ в расчете на NaOH) избыточной щелочности оборотных вод, либо нейтрализации щелочности кислотой, что было сделано в условиях лаборатории. В результате подкисления углекислота выделялась из всего объема сточной воды.

Ввиду высокой остаточной щелочности и солесодержания для воды такого качества было проведено предварительное разбавление в 1,5–2 раза технической водой (возможно разбавление биохимочищенной сточной водой КХП, если в составе меткомбината имеется БХУ КХП) и последующая биологическая очистка от основных загрязнителей – роданида и аммонийного азота, последний образуется в процессе биологической деструкции роданида:



В результате серии проведенных экспериментов с кратностью разбавления и способами нейтрализации и обессоливания, для сточных вод ДГО были отработаны условия очистки и получена накопительная культура бактерий, стабильно и с высокой эффективностью окисляющая роданиды и аммиак до остаточного содержания роданидов $0\text{--}0,2$ мг/дм³ с исходного содержания 600 мг/дм³.

В связи с очень высоким солесодержанием целесообразно планировать для очистки небольшой объем ($10\text{--}15$ м³/ч) очищенных продувочных вод ДГО, чтобы их сброс представлялся возможным только на ГОС совместно с хозяйственным стоком завода, чтобы уложиться в параметры НДС хозяйственного стока.

С учетом большого опыта АО «ВУХИН» в части биологической очистки сточных вод, в том числе от роданидов и цианидов, типичных загрязнителей сточных вод КХП, возможно решить проблему, касающуюся высоконцентрированных по солям продувочных вод ДГО, имеющих схожие загрязнители со сточными водами КХП путем строительства и пуска сооружений биологической очистки с предварительной их нейтрализацией либо частичным обессоливанием и разбавлением в 1,5–2 раза. Как вариант решения проблемы утилизации и очистки таких сточных вод – совместная биохимическая очистка со сточными водами КХП и последующая их утилизация путем передачи на ГОС или на нужды производства.

ЦЕМЕНТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Теплоухов С.П.

Научно-производственная фирма «Уралцемент», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: iris@eco-project.ru

Ключевые слова: цементная промышленность, промышленные отходы, гальваношламы.

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 основана на вводе строго расчетных количеств отходов в сырьевую шихту для производства клинкера – полуфабриката цемента. Сырьевая шихта в смеси с отходами проходит термическую обработку во вращающихся печах до появления расплава и последующего спекания с максимальной температурой не ниже 1500 °С. Некоторые виды отходов после соответствующей обработки и подготовки используются непосредственно, как компонент цемента.

CEMENT INDUSTRY AND THE ISSUE OF INDUSTRIAL WASTE RECYCLING

Teploukhov S.P.

«URALTSEMENT» Scientific/production firm, Ekaterinburg, Russia

e-mail: iris@eco-project.ru

Keywords: cement industry, industrial waste, electrotype slime.

The use of the cement industry capabilities in mass recycling of industrial waste is well known. Nowadays techniques for practically all industries' solid waste reprocessing are developed and are successfully applied. The technique is based on input of strictly calculated quantities of waste to the raw charge for clinker (cement half-stuff) production. The raw charge mixed with waste is to be thermally treated in rotating furnace till the melt appearance and subsequent agglomeration with the maximal temperature at least 1500° C. Some kinds of waste after the appropriate processing and preparing are use directly as a cement component.

Более сложной задачей является переработка влажных (шламов), пастообразных и подобных отходов. К ним относятся шламы от очистки сточных вод и отработанные сорбенты.

Практический опыт показал, что без соответствующей подготовки их переработка в цементной промышленности практически невозможна. Необходимо максимальное обезвоживание и, в некоторых случаях, смешивание с сухими отходами (пыли, шлаки) с целью достижения технологичности перевозки и дальнейшей переработки. Таким образом, удастся решить одновременно задачу утилизации нескольких видов отходов.

Организация переработки гальванически шламов занимает особое место. Химический состав гальваношламов разнообразен. В состав шламов входят химические элементы, которые регламентируются по содержанию в цементе. Некоторые химические элементы, например, цинк и кадмий, при нагревании испаряются, не переходя в расплав клинкерного стекла, и выносятся отходящими газами из вращающейся печи.

Следовательно, существует задача разбавления гальваношламов до такого состояния, при котором содержание регламентируемых элементов не превышало бы требований нормативных документов к технологии и к продукции, а испаряющихся химических элементов – предельно допустимых концентраций в отходящих газах цементных печей.

Опыт показывает, что объем жидких, пастообразных и регламентируемых отходов на каждом конкретном предприятии чаще всего относительно невелик. Создание на каждом предприятии мощностей по обезвоживанию и подготовке отходов к переработке – мероприятие довольно дорогостоящее. Поэтому создание специализированного предприятия на долевых началах в пределах территориальной производственной агломерации позволит решить задачу комплексно и эффективно. 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.

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТАНОВОК БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Ужанова А.В., Неволina И.В., Покрышкин К.В.

АО «ВУХИН», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: ilonanewolina@mail.ru

Ключевые слова: коксохимическое производство (КХП), проектирование установки сточных вод, оборудование установки, аппаратное оформление, нестандартные проектные решения.

Проектирование установок очистки сточных вод – задача, требующая комплексного подхода и не совсем стандартного решения, имеет свои особенности, связанные с физико-химическими характеристиками сточной воды коксохимического производства (КХП). При проектировании установок биологической очистки сточных вод КХП используется многолетний опыт института.

DESIGN EXPERIENCE OF INDUSTRIAL WASTEWATER BIOLOGICAL TREATMENT PLANTS

Uzhanova A.V., Nevolina I.V., Pokryshkin K.V.

АО «VUHIN», Ekaterinburg, Russia

e-mail: ilonanewolina@mail.ru

Keywords: coke-chemical plant (CCP), wastewater plant design, plant equipment, hardware design, not standard design solutions.

The design of wastewater treatment plants is a task that requires an integrated approach and not quite a standard solution; it has its own characteristics associated with the physicochemical characteristics of wastewater from a coke-chemical plant (CCP). The long-term experience of the institute is used in the design of biological wastewater treatment plants at CCP.

В настоящее время Акционерное Общество Восточный научно-исследовательский углехимический институт (АО «ВУХИН») – является единственным в России отраслевым научно-исследовательским и проектным институтом, имеющим опыт в выполнении проектов в коксохимической промышленности (КХП). С момента основания института и до сегодняшнего времени институт разрабатывает проектную документацию для коксохимических предприятий РФ и некоторых зарубежных КХП.

За годы существования института по разработкам АО «ВУХИН» были спроектированы и построены на предприятиях РФ, ближнего зарубежья, а также Индии и Ирана – коксовые батареи, цеха улавливания и переработки химических продуктов коксования, биологической очистки сточных вод, очистки выбросов и утилизации отходов.

В настоящее время в связи с ужесточением требований по охране окружающей среды, в частности, с повышением глубины очистки сточных вод, одним из основных направлений деятельности АО «ВУХИН» является проектирование установок очистки сточных вод КХП и обезвреживание выбросов. Однофазовая технология биохимической очистки сточных вод от фенолов, роданидов, аммонийного азота и его окисленных форм с успехом применяется на предприятиях РФ и за рубежом (ПАО «Северсталь», АО «Москокс», ПАО «НЛМК» ОАО «Уфахимпром»), Визахапатнамский меткомбинат (Индия).

Однофазовая технология является одной из разработок АО «ВУХИН» в части биотехнологии очистки сточных вод КХП. Она выгодно отличается от общеизвестных способов очистки сточных вод в режиме нитри-денитрификации тем, что обеспечивает одновременное протекание аэробных (кислородных) и анаэробных (бескислородных)

процессов в одних и тех же условиях, то есть в обычном реакторе-смесителе или вытеснителе. Исключение из технологической схемы БХУ реакторов-денитрификаторов или анаэробных зон, выполняющих их функцию, способствует не только повышению производительности БХУ и упрощению технологической схемы наряду с высоким эффектом очистки, но и снижению расхода кальцинированной соды до теоретического уровня.

Установка очистки сточных вод КХП представляет собой комплекс зданий, сооружений с наружным резервуарным парком с четко распределенным функционалом. БХУ состоит из трех основных отделений:

1. Отделение приема и механической очистки;
2. Отделение биологической очистки;
3. Отделение приема и приготовления реагентов.

Также в комплекс входят отделение оборотного водоснабжения, отделение утилизации избыточного ила. Остановимся на каждом отделении установки БХУ.

С учетом 20-ти летнего опыта ведения процесса однофазовой очистки и с целью снижения расхода необходимой в биологическом процессе дезазотизации и неудобной в работе сухой кальцинированной соды (Na_2CO_3), в схему очистки включена технология разложения связанного аммиака в аммиачных колоннах (могут быть использованы существующие) с применением в качестве товарного реагента 40–45 % раствора гидроксида натрия (каустической соды). Это позволяет снизить содержание общего аммонийного азота в сточной воде, поступающей на БХУ в 2–3 раза.

Надсмольная вода подвергается предварительной очистке от аммиака в аммиачных колоннах: для разложения связанных солей аммония (хлориды и сульфаты) предусматривается обработка надсмольной воды раствором щелочи с получением летучего аммиака (карбонаты, сульфиды, цианиды) и последующей его отдувкой водяным паром. Для разложения связанного аммиака, как показала практика, целесообразно применять раствор гидроксида натрия. Отделения аммиачных колонн дополнительно оснащаются узлами приема, хранения и дозирования раствора гидроксида натрия в аммиачную воду перед колоннами.

После аммиачных колонн сточная вода имеет температуру порядка 95–100 °С, что требует охлаждения воды перед механической очисткой на БХУ. Охлаждение надсмольной воды после аммиачных колонн проводится в аппаратах мгновенного вскипания (АМВ), работающих под вакуумом, где температура поступающей сточной воды снижается до 55–65 °С.

Основное назначение АМВ – это опреснение морских и солоноватых вод, дистилляционное обессоливание вод для энергетики, вакуумная упарка соленосодержащих растворов, охлаждение и утилизация тепла горячих технических жидкостей. В технологии КХП эти аппараты применяются только для охлаждения сточных вод. В основу работы АМВ положен принцип адиабатного вскипания в вакууме (снижение температуры кипения жидкостей в вакууме). При вскипании в вакууме перегретой жидкости ее охлаждение происходит на величину перегрева.

Горячая сточная вода после аммиачных колонн подается в первую испарительную камеру (в аппарате их несколько), а затем в последующие. В камерах поддерживается низкое давление или вакуум. За счет скрытой теплоты парообразования в камерах происходит испарение как с поверхности жидкости, заполняющей нижнюю часть камеры, так и с поверхности струи и капель, образующихся при подаче жидкости в камеру. В верхней части испарительных камер располагаются водоохлаждаемые конденсаторы пара, образовавшегося в процессе мгновенного вскипания.

Конденсат пара стекает с конденсаторов в отдельный трубопровод и может выводиться либо в отдельный барометрический сборник, либо в общий барометрический сборник охлажденной водой.

Нижний поток охлаждаемой воды перетекает через гидрозатворы из одной камеры в другую в условиях прогрессирующего вакуума, охлаждается от камеры к камере и поступает

в сборник охлажденной воды. Обычно в конденсаторах выпарных установок поддерживают абсолютное давление, равное 0,1–0,2 ат. Это соответствует температуре конденсации 45–60 °С. Достоинством АМВ, как охладителей, является исключение непосредственного контакта охлаждаемой воды КХП, содержащей взвеси, смолы и масла, с теплообменной поверхностью. Так как на конденсаторы поступают только пары, то отложений на теплообменной поверхности не образуется.

Следует отметить, что в испарительных камерах (секциях) с водяным паром из кипящей сточной воды отгоняется некоторая часть содержащихся в ней легколетучих и газообразных примесей. Однако в связи со значительным их содержанием не представляется целесообразным осуществлять отдельный сбор охлажденной воды и конденсата, поэтому конденсат и охлажденная вода собираются в одном сборнике, из которого далее направляются на механическую очистку.

Преимущества аппарата мгновенного вскипания перед обычной теплообменной аппаратурой:

- высокая эксплуатационная надежность в связи с отсутствием контакта сточной воды, загрязненной маслами и другими органическими веществами, обладающими высокой адгезией к теплообменной поверхности, что исключает ее зарастание отложениями и, в связи с этим, необходимость очистки теплообменников;

- исключение попадания охлаждаемой грязной воды, а также ее паров в охлаждающую воду вследствие наличия в аппарате разрежения;

- мокрая очистка парогазовой смеси от загрязняющих веществ перед сбросом ее в атмосферу или возможность ее передачи в коллекторную систему санитарного вакуума.

Аппараты АМВ выпускаются как не стандартизированное оборудование и изготавливаются по требованиям заказчика.

В сборники охлажденной аммиачной воды после АМВ также поступает фенольная сточная вода, где происходит их перемешивание и усреднение. Далее смешанная сточная вода поступает на механическую очистку через преаэраторы. Назначение преаэраторов – смешение поступающей сточной воды с реагентом для очистки от масел – солью двухвалентного железа. Время пребывания в преаэраторе составляет 0,05 часа.

Далее для осаждения тяжелых масел предусмотрены первичные отстойники, в которые вода поступает самотеком. Благодаря регламентированному времени пребывания сточной воды в первичных отстойниках, степень очистки ее от масел в первичных отстойниках составляет 75–80%. Первичные отстойники – типовые сооружения, используемые со времен первых БХУ.

Для очистки от оставшихся масел, как правило, эмульгированных масел, предусмотрена очистка сточной воды во флотаторах. Причем в последних проектах, флотаторы расположили на крыше здания насосной. Это обусловлено тем, что современные флотаторы, благодаря своей производительности и малым габаритным размерам, позволяют использовать такое размещение в условиях дефицита пространства, и что очень важно – они позволяют очистить поступающую сточную воду до остаточного содержания легких масел, не препятствующих подаче сточной воды на БХУ.

Далее, перед подачей в предаэротенки, в случае необходимости, сточная вода доохлаждается до температуры 38–40⁰С либо в спиральных теплообменниках, либо в теплообменниках типа «труба в трубе», либо в кожухотрубчатых.

Очистка сточных вод происходит в реакторах – аэрируемых сооружениях смесительного типа. Расчет объема реакторов производится по качеству и количеству поступающих сточных вод на биологическую очистку.

В реакторах однофазовой очистки АО «ВУХИН» применяют при проектировании аэраторы собственной конструкции, которые позволяют интенсифицировать аэробный процесс и обеспечивают равномерное перемешивание ила во всем объеме сточной воды.

В практике проектирования и строительства КХП применяется два варианта материала резервуаров (в том числе реакторов) – железобетон и сталь. Оба имеют право на существование и реализованы в уже завершенных проектах.

В АО «ВУХИН» был проведен сравнительный анализ по затратам на строительство резервуарного парка биохимической установки КХП. Железобетонное исполнение требует больших капитальных затрат, но тем не менее, применяется во влажном климате, например, БХУ Визакхапатнамского меткомбината полностью спроектирована из железобетона, так как в субтропическом климате наблюдается высокая коррозия оборудования из металла. При длительной эксплуатации железобетонное исполнение дает возможность существенно снизить эксплуатационные затраты путем плановых ремонтов.

Установка металлических резервуаров (на данный момент приоритет отдан материалам 09Г2С для неагрессивных сред и 12Х18Н10Т для агрессивных сред) дешевле в сравнении с железобетонными на 10–15 %, но в процессе эксплуатации ряд резервуаров подлежат полной замене, что увеличивает операционные затраты.

Реагент для биологической дезазотизации – кальцинированная сода – выпускается в порошкообразном или гранулированном виде, что приводит к необходимости создания и использования растворо-дозировочного узла, включающего операции ее погрузки, разгрузки, приготовления и дозирования водного раствора.

Фосфорная кислота – фосфорное питание для микроорганизмов, в отличие от первых установок БХУ, дозируется из специально разработанного дозировочного узла в виде концентрированной фосфорной кислоты.

Техническое оформление решений для строительства выполняется индивидуально для каждого предприятия, основываясь на опыте строительства и эксплуатации предыдущих реализованных проектов.

Остановимся на некоторых моментах:

На сегодняшний день одним из требований Заказчика является оптимальный расход энергоресурсов. Воздуходувки – достаточно энергозатратное оборудование, оптимальным решением является их частотное регулирование. Современные воздуходувки позволяют снизить энергопотребление за счет существенного рабочего диапазона по производительности (до 60 % от номинала).

В отделении утилизации избыточного ила применяются центрифуги (декантеры), которые позволяют добиться снижения влажности ила до 80–82 %. До подачи на центрифуги ил поступает в минерализаторы, где происходит процесс минерализации ила с целью повышения доли сухого вещества с 2 % до 4–5 % и для улучшения последующего обезвоживания ила.

При проектировании установки БХУ имеется несколько «сложных моментов», которые требуется разрешить на стадии «П», среди которых – существующая транспортная инфраструктура коксохимических предприятий. Часть реагентов (таких, как сода, щелочь) традиционно доставляются на предприятия по железной дороге, часть – автотранспортом. В связи с этим требуется организовывать разгрузочные площадки, а в связи с возможными сбоями в поставках – предусматривать места складирования. Данный момент негативно сказывается на категории зданий. Так, при хранении соды и железного купороса, оставляемого в биг-бэгах – категория реагентного хозяйства повышается с Д на В.

Помимо материалов, доставляемых на установку БХУ, есть промежуточные продукты, которые требуется вывозить на утилизацию. К ним относится водомасляная эмульсия из первичных отстойников и флотаторов, а также избыточный ил после центрифуг. На коксохимических предприятиях этот вопрос решается: водомасляная эмульсия утилизируется присадкой к шихте для коксования, избыточный активный ил утилизируют также в качестве добавки в шихту.

На установку БХУ поступают не только фенольная и надсмольная вода КХП, но и ливневые воды с различных технологических площадок КХП, в связи с чем возникает риск перегрузки БХУ по очищаемой воде в теплый период времени. Кроме того, при

возникновении сбоев в технологических процессах на КХП, в случае несанкционированных сливов есть риск несоблюдения заданных гарантийных показателей. Данную проблему решает установка буферных емкостей. Объем данных резервуаров индивидуален и зависит от особенностей каждого предприятия, климатической зоны, к которой данное предприятие находится. В буферных емкостях происходит временное накопление избыточно поступающей воды, либо некондиционной воды. После стабилизации работы БХУ вода из буферных емкостей с небольшим расходом подается в сооружения очистки для ее переработки.

Процесс пуска установки также представляет сложность с технической и технологической точек зрения. Так как ввод в эксплуатацию установки растянут во времени, что связано с накоплением и адаптацией активного ила, то это необходимо учитывать в проекте – на насосах, обеспечивающих технологический процесс, предусматривается частотное регулирование, трубопроводная обвязка обеспечивает возможность рециркуляции иловой воды, а также оборудована регулирующей трубопроводной арматурой.

Стоит отметить, что установка БХУ относится к IV классу опасности, пожароопасность отдельных участков БХУ обусловлена временным накоплением веществ, например, водомасляная эмульсия в узле механической очистки, а также хранением реагентов. Технологическое и емкостное оборудование размещается в поддонах, что исключает отрицательное влияние на окружающую среду разливов технологических жидкостей. Установка скрубберов, каплеуловителей для емкостного оборудования обеспечивает улавливание и очистку паров летучих веществ, что позволяет значительно снизить выбросы загрязняющих веществ с аппаратов и агрегатов в атмосферу.

Установка биологической очистки – нестандартное решение, для каждого конкретного предприятия будет свое аппаратное оформление. Поэтому, исходя из требований и возможностей Заказчика, каждая следующая установка биологической очистки сточных вод отличается от предыдущей, что в итоге сказывается на стоимости проектных работ и стоимости укомплектованной установки.

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ
В СФЕРЕ ОХРАНЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ

THE ROLE OF ECOLOGICAL ENLIGHTNMENT AND EDUCATION
IN THE SPHERE OF WATER ENVIRONMENT PROTECTION

ШКОЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ «ХРУСТАЛЬНОЕ СЕРДЦЕ РОССИИ»

Баглаева М. Р., Погодаева М.В.

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск, Россия

e-mail: mari.asadullina.95@mail.ru

Ключевые слова: Байкал, экологическое образование, экологический проект.

В статье представлен опыт создания образовательного экологического проекта. Цель проекта – экологическое просвещение и на основе этого, сохранение уникального природного объекта, самого большого хранилища пресной воды на планете – озера Байкал. В ходе реализации проекта учащиеся знакомятся с географией озера, его флорой и фауной, участвуют в очистке прибрежной территории.

SCHOOL ENVIRONMENTAL PROJECT “CRYSTAL HEART OF RUSSIA”

Baglayeva M.R., Pogodaeva M.V.

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

e-mail: mari.asadullina.95@mail.ru

Keywords: the Lake Baikal, ecological education, ecological project.

The article presents the experience of creating an educational environmental project. The goal of the project is environmental education and, on the basis of this, the preservation of a unique natural object, the largest storage of fresh water on the planet – the Lake Baikal. During the process of the project implementation, students are to get acquainted with the geography of the lake, its flora and fauna, and participate in the cleaning of the coastal area.

Пресная вода – ценнейший ресурс на нашей планете. Являясь компонентом природной среды, она играет ведущую роль в поддержании жизни на Земле, сохранении экосистем, функционировании промышленности и сельского хозяйства. С увеличением численности населения городов, ростом промышленного потенциала возрастает антропогенная нагрузка на водные объекты: реки, озера, моря, океаны.

Байкал – уникальное хранилище чистой пресной воды, хрустальное сердце России. Объем воды в озере – более 23 000 км³, что составляет 4/5 от всех поверхностных вод России и 1/5 мировых запасов пресной воды. При этом – это прозрачная, кристально чистая вода, которую можно пить прямо из озера [1].

Сохранение уникальной экосистемы Байкала – важнейшая задача всего мирового сообщества. Ухудшение экологического состояния вод озера и прибрежной полосы приводит к снижению численности некоторых эндемичных видов животных и растений, которые нуждаются в сохранении [2]. Загрязнение вод и берега Байкала приводит к неблагоприятной экологической обстановке в целом.

Для осознания глубины проблемы недостатка пресной воды, разработке стратегии по сохранению пресноводных водоемов, необходимо глубокое изучение и осмысление причин и следствий создавшейся ситуации, консолидация образовательных, управленческих, технологических и других ресурсов для ее успешного разрешения.

Педагогическая наука и практика в течение последних десятилетий настойчиво ищет новые подходы к экологическому образованию, подходы, которые бы позволили учащимся осмысленно относиться к процессу взаимодействия с природой, проникнуться идеями коэволюции человека и природы, идеями устойчивого развития, активно включаться в природоохранную деятельность, видеть положительные результаты экологических инициатив. Перспективной в этом отношении формой организации обучения нам

представляется школьный учебный проект. В условиях реализации ФГОС, проектную деятельность можно рассматривать, как способ освоения универсальных учебных действий, что, безусловно, отражается на содержании большинства современных учебников, в которых присутствуют разносторонние задания, направленные на самостоятельное освоение учебного материала через реализацию проектной деятельности [3]. Безусловно, проектная деятельность школьника не ограничивается рамками урока. Она продолжается, а в некоторых случаях только начинается во внеурочной, внеклассной деятельности, дополнительном образовании. Метод проектов, как способ достижения дидактической цели через детальную разработку проблемы, должен завершаться вполне реальным, осязаемым практическим результатом, оформленным тем или иным образом [4, 5]. Проект позволяет школьнику проявить самостоятельную исследовательскую инициативу, сделать собственные открытия, при этом участвуя в общем, коллективном творчестве [6].

Экологический проект «Байкал – хрустальное сердце России» разработан учащимися 11 класса под руководством учителя. Цель проекта: расширение знаний об озере Байкал, флоре и фауне Прибайкалья; развитие любви к родному краю, ответственного отношения к его богатствам, развитие самостоятельной творческой активности, формирование экологического мировоззрения и безопасного для природы поведения.

Представленная проектная работа базируется на практической деятельности, направленной на решение проблем своего региона, страны. Проект «Хрустальное сердце России» включает три этапа: подготовительный, практический и заключительный. На первом, подготовительном этапе осуществляется создание команды для реализации проекта, целеполагание и планирование предстоящей деятельности. На этом этапе проходил активный сбор информации об уникальной экосистеме Байкала, ее современном состоянии, истории развития, источниках загрязнения, другом антропогенном воздействии. Школьники установили связь и познакомились с исследованиями, проводимыми учеными Сибирского отделения РАН: Лимнологического института, Института географии им. В.Б. Сочавы, Института земной коры, впервые побывали в научной библиотеке. Анализ материалов научных исследований позволил сделать некоторые выводы о естественных и антропогенных процессах, происходящих в акватории озера Байкал.

Загрязнение воздушного бассейна над акваторией озера происходит от выбросов Иркутско-Черемховского промышленного узла, а также от предприятий теплоэнергетики, угольной, горнодобывающей, алюминиевой, химической и других видов промышленности крупных городов, расположенных в пределах 200 километровой зоны от озера Байкал. Наиболее часто встречаются такие загрязнители, как твердые частицы, двуокись серы, одноокись углерода, двуокись азота и углеводороды. Река Селенга и ее притоки – основные источники загрязнения воды озера. Сброс поступает от металлургических и деревообрабатывающих предприятий, городских очистных сооружений, вследствие сельскохозяйственной деятельности Читинской области и Республики Бурятия. Ежегодно с судов в Байкал попадает около 160 тонн нефтепродуктов. Увеличивающийся в этом направлении туристический поток также оказывает сильное антропогенное давление на экосистему озера. Система сбора бытового мусора на Байкале, вывоза его на переработку на большей территории отсутствует.

Целью практического этапа было активное вовлечение учащихся, педагогов, родителей в популяризацию знаний об уникальном объекте всемирного природного наследия «Юнеско» – озеро Байкал, участие в акциях и мероприятиях по его защите и сохранению. План мероприятий этого этапа включал в себя:

- создание видеоролика, демонстрирующего уникальность и ценность озера Байкал и его публикация в социальных сетях;
- проведение социологического опроса «Как сохранить Байкал»;
- разработка буклетов;
- разработка плана проведения мероприятия по очистке прибрежных территорий: определение необходимых материалов, места для проведения;

- разработка и раздача листовок, информирующих о проведении мероприятия, публикация информации в социальных сетях;
- проведение мероприятия по очистке береговой линии озера.

На заключительном этапе реализации проекта состоялось обсуждение, во время которого ребята обсуждали результаты проведенной работы, выясняли причины некоторых не совсем удачных мероприятий и наиболее эффективные пути достижения поставленных целей проекта, высказали надежду, что разработанные в ходе проекта материалы помогут людям осознать, насколько прекрасен Байкал и что его необходимо беречь.

Результатом реализации проектной деятельности старшеклассников стало их приобщение к научным исследованиям, знакомство с актуальными направлениями развития научной школы Сибири, развитие креативности мышления, активность в решении существующих проблем своего региона, самостоятельность и инициативность, понимание своей значимости в решении экологических проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. *Тахтеев В.В.* Хрустальное сердце России. Природа Байкала с древности и до наших дней. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 143 с.
4. *Галеева Е.В.* Байкал – жемчужина Сибири. Учебно-методическое пособие / Е. В. Галеева, И.А. Галкина, О. Ю. Зайцева. Иркутск: ГОУ ВПО «ВСГАО», 2011. 164 с.
5. *Ларина В.* Итоговый проект обучающегося: как оценить успешность применения универсальных учебных действий // Справочник заместителя директора школы. 2017. № 5. С. 96-103.
6. *Байбородова Л.В.* Проектная деятельность школьников в разновозрастных группах: пособие для учителей общеобразовательных организаций / Л.В. Байбородова, Л.Н. Серебренников. М.: Просвещение, 2013. 175 с.
7. *Игнатьева Г.А.* Проектные формы учебной деятельности обучающихся общеобразовательной школы // Психология обучения. 2013. № 11. С. 20-33.
8. *Леонтович А.В.* Методика организации исследовательского проекта. М.: ИД «Методист», 2014. 52 с.

**ПРИВЛЕЧЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОГО ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯ
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ФОНЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РЫНКА
ТРУДА: ПРОБЛЕМЫ, ПРИЧИНЫ И ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ
(КЕЙС МУП «ВОДОКАНАЛ» ЕКАТЕРИНБУРГА)**

Весина М. Е., Шутов К. Н.

Екатеринбургское муниципальное унитарное предприятие водопроводно-канализационного
комплекса, г. Екатеринбург, Россия

Саитова Д. Г.

Уральский институт управления РАНХиГС при Президенте РФ, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: job@vodokanalekb.ru

Ключевые слова: управление персоналом, компетенции, HR-бренд, водоснабжение, водоотведение, корпоративная культура.

В статье рассматриваются две ключевые проблемы, с которыми сталкиваются предприятия жилищно-коммунального комплекса при привлечении и подборе персонала – нехватка специалистов необходимой квалификации и стереотипы кандидатов как потребителей услуг в этой сфере. Подтверждение актуальности выявленных проблем и поиск вариантов их решения приводится на базе кейса МУП «Водоканал» г. Екатеринбург.

**ATTRACTION OF COMPETENT PERSONNEL TO THE LIFE-SUPPORT
INSTITUTIONS ON THE BACKGROUND OF THE CURRENT LABOR MARKET
TRENDS: PROBLEMS< CAUSES AND OPTIONS OF SOLUTION (EKATERINBURG
«VODOKANAL» AS A STUDY CASE)**

Vesina M.E., Shutov K.N.

Yekaterinburg municipal unitary enterprise of the water supply and sewerage complex,
Yekaterinburg, Russia

Saitova D.G.

Ural Institute of Management RANEPa under the President of the Russian Federation,
Yekaterinburg, Russia
e-mail: job@vodokanalekb.ru

Keywords: personnel management, competencies, HR-brand, water supply, water disposal, corporate culture.

The paper examines two key problems faced by housing and communal enterprises while attracting and recruiting personnel - the lack of specialists with the necessary qualifications and stereotypes of candidates as consumers of housing and communal services. The case study of the Yekaterinburg municipal unitary enterprise "Vodokanal" confirms the relevance of the identified problems and proposes possible options for their solution.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития рынка труда одной из основных задач управления персоналом является удовлетворение требований нового поколения сотрудников к качеству трудовой жизни, привлечение и удержание талантливых и ценных работников [1, с. 5]. Среди современных тенденций, характерных для рынка труда Екатеринбурга, можно отметить два ключевых направления, которые существенно влияют на привлечение компетентного персонала на предприятия жилищно-коммунального хозяйства в целом и Екатеринбургское предприятие водопроводно-канализационного хозяйства в частности.

Первое направления связано с **отсутствием на рынке труда достаточного количества специалистов необходимой квалификации** при конкурентном уровне оплаты труда в отрасли.

На протяжении последних 5 лет жилищно-коммунальное хозяйство динамично развивается. Так, при финансовой поддержке Фонда содействия реформированию ЖКХ ежегодно реализуется более 40 проектов по модернизации систем коммунальной инфраструктуры. В 2019 году Фондом одобрено финансирование проектов строительства и реконструкции 42 объектов и более 131 км тепловых и канализационных сетей [2; с. 56]. В производственный цикл предприятий жизнеобеспечения внедряются новые технологии, а сами процессы, например, водоподготовка и водоотведение, автоматизируются [3, с. 24–25]. Модернизация оборудования и процессов приводит к увеличению требований к эксплуатирующему персоналу, его уровню образования, подготовки и опыту работы. Несмотря на то что уровень оплаты труда МУП «Водоканал» для специалистов с опытом работы находится в рамках рыночных условий, предложить сотрудничество предприятие может далеко не каждому. Так, среди 1235 просмотров вакансии «заместитель начальника службы водоотведения» и более чем 104 откликов на собеседование приглашены только 3 кандидата, имеющих релевантное по профилю образование.

В ряде средне-специальных и высших учебных заведений города Екатеринбурга ведется подготовка кадров для предприятий жизнеобеспечения, однако за последние 5 лет в МУП «Водоканал» пришли работать только 29 молодых специалистов. Распределение численности трудоустроившихся в МУП «Водоканал» выпускников ВУЗов в разрезе специальностей представлено в Таблице 1.

Табл. 1. Распределение молодых специалистов МУП «Водоканал» по уровню специализации

№	Специальность	Квалификация	Количество молодых специалистов
1	19.03.01 Биотехнология	Бакалавриат	8
		Магистратура	1
2	38.04.04 Государственное и муниципальное управление	Магистратура	1
3	22.03.02 Металлургия	Бакалавриат	1
4	08.03.01 Строительство	Бакалавриат	7
5	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника	Бакалавриат	1
6	20.03.01 Техносферная безопасность	Бакалавриат	1
7	27.04.04 Управление в технических системах	Магистратура	1
8	18.03.01 Химическая технология	Бакалавриат	2
9	23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов	Бакалавриат	1
10	38.03.01 Экономика	Бакалавриат	1
11	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Бакалавриат	2
12	18.03.02 Энергосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Бакалавриат	2
ИТОГО:		26 бакалавров 3 магистра	

Так, в период с 2016 г. по настоящее время начали свою карьеру на предприятии 7 выпускников, имеющих документ о прохождении образовательной программы «Водоснабжение и водоотведение», которая реализуется в рамках специальности 08.03.01 Строительство. Отметим, что этот профиль является основной специальностью для

предприятия МУП «Водоканал» Екатеринбурга. При этом уровень заработной платы для молодых специалистов без опыта работы в отрасли сопоставим со средним уровнем оплаты труда для молодых специалистов на рынке труда в целом. Отсутствие у молодых специалистов заинтересованности в вакансиях предприятий жизнеобеспечения во многом связан со второй тенденцией, характерной для современного рынка труда, – **слабый и неэффективный HR-бренд предприятий сферы ЖКХ**.

Предприятия жизнеобеспечения не входят в рейтинг лучших работодателей Екатеринбурга. Первые места в рейтинге топ-работодателей традиционно занимают крупные предприятия коммерческого сектора. В 2020 г. первые пять мест в рейтинге работодателей-крупных компаний, численностью от 1001 до 5000 человек, попали предприятия в сфере добычи сырья, информационных технологий, фармацевтики, маркетинга и телекоммуникаций [4]. Престижность бренда этих работодателей привлекает амбициозных кандидатов с проектным мышлением, карьерными устремлениями и высокой мотивацией.

В свою очередь, работа в сфере ЖКХ окружена огромным количеством стереотипов о невысоком качестве услуг, их дороговизне и низком уровне профессионализма и сервиса специалистов отрасли. На наш взгляд, это обусловлено тем, что каждый житель города является потребителем услуг предприятий жизнеобеспечения и, соответственно, при выборе профессии или места работы, стереотипы потребления накладывают свой отпечаток на стереотипы соискателей при трудоустройстве.

В 2020 г. по заказу МУП «Водоканал» коллектив ученых Уральского института управления РАНХ и ГС при Президенте РФ проводил исследование образа предприятия, сформированного в различных социальных группах [5, с. 33]. На рис. 1 представлены проблемы, которые, по мнению респондентов, характерны для МУП «Водоканал» Екатеринбурга.



Рис. 1. Основные проблемы МУП «Водоканал» Екатеринбурга по мнению респондентов (в % от ответивших) [5, с. 33].

Также респондентам был задан вопрос: «Какие ассоциации у Вас возникают, когда Вы слышите словосочетание «Водоканал Екатеринбурга»?» Только у 4,5 % опрошенных возникают позитивные ассоциации, когда они слышат о предприятии, 7,3 % участников опроса ассоциации нейтральные, у 9% опрошенных – ужасные, у 33,3% респондентов ассоциации отсутствуют. Результаты ответа жителей Екатеринбурга на этот вопрос представлена на рис. 2.

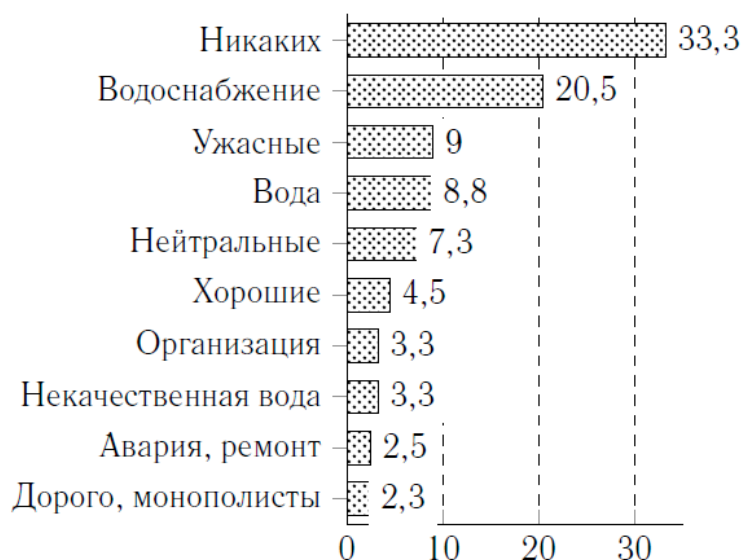


Рис. 2. Ассоциации, возникающие, когда респонденты слышат словосочетание «Водоканал Екатеринбурга» (в % от ответивших) [5, с. 26].

При этом для сотрудников, имеющих опыт работы на предприятиях жизнеобеспечения, многие стереотипы, связанные с работой в отрасли, уже разрушены, и они иначе воспринимают работу на таких предприятиях. Так, в 2020 г. МУП «Водоканал» проводил исследование среди сотрудников предприятия. На рис. 3 представлена матрица слов, с которыми, по мнению сотрудников предприятия, должна ассоциироваться работа МУП «Водоканал».



Рис. 3. Матрица контент-анализа ответов сотрудников об ассоциациях с предприятием.

Среди наиболее часто упоминаемых слов можно отметить «качество», «гарантия», «уважение», что существенно отличается от тех категорий, которые были названы жителями города в целом.

Одним из возможных способов преодоления указанных тенденций развития рынка труда, по нашему мнению, является сотрудничество с учебными заведениями и работа по развитию HR-бренда предприятий жизнеобеспечения. Для формирования эффективного HR-бренда предприятиям жизнеобеспечения, в том числе МУП «Водоканал», необходимо запустить следующие процессы изменений:

1. Сформировать EVP;
2. Настроить SMM-каналы (внутренние и внешние);
3. Определить и реализовать стратегию корпоративной культуры.

Показателями эффективности реализации этих процессов для целей их количественной оценки могут служить: индекс лояльности сотрудников и коэффициент узнаваемости бренда. В результате сопоставления этих показателей можно будет сделать вывод о соответствии внутреннего и внешнего образа компании, ее привлекательности для сотрудников и соискателей. В целом реализация мероприятий по развитию HR-бренда позволит предприятиям жизнеобеспечения снизить текучесть, привлечь редких и высококлассных специалистов, а также повысить вовлеченность действующих сотрудников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долженкова Ю.В., Руденко, Г.Г., Михайлов, Ф.Б., Сотникова С.И., Жуков А.Л., Гречко Т.Ю., Рахманова Т.И., Бабынина Л.С., Майер Е.В., Талтынов С.М., Коновалова В.Г., Багирова А.П., Саитова Д.Г., Митрофанова Е.А. & Митрофанова А.Е. Управление персоналом в России: концепции новой нормальности: монография. (Сер. Научная мысль). ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М» 2021. 246 с.
2. Годовой отчет Государственной корпорации–Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства за 2019 год. М., 2020. 92 с.
3. Крицкий А.В., Юсупов А.Р., Мартьянов А.Е. Цифровой двойник – новый инструмент в развитии водопроводно-канализационного предприятия крупного города // НДТ. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. № 2. 2020. С. 24–33.
4. Рейтинг работодателей по численности. HeadHunter. [Электронный ресурс]. URL: <https://rating.hh.ru/profile/rating2020/summary?tab=big> (дата обращения: 15.04.2021).
5. Черкасова В.Ю. Оценка бренда компании МУП «Водоканал» по мнению жителей города Екатеринбурга // Муниципалитет. № 4 (33). 2020. С. 24–36.

ВОПРОСЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ЦЕЛЯХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Курганович К.А.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия

Зима Л.Н.

Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия

e-mail: naptheodor@mail.ru

Ключевые слова: цифровизация, цифровая экономика, онлайн-обучение, профессиональные компетенции.

В статье рассмотрены практические аспекты внедрения цифровых технологий в подготовку кадров для отрасли водного хозяйства. Предложены основные актуальные направления развития цифровой экономики применительно к задачам водного хозяйства.

THE ISSUES OF PROFESSIONAL TRAINING TO ADDRESS DIGITIZATION OF WATER MANAGEMENT TASKS

Konstantin A. Kurganovich

Federal State Budget Institution «Russian Research Institute for Integrated Water Management and
Protection», Chita, Russian Federation

Trans-Baikal State University, Chita, Russian Federation

e-mail: naptheodor@mail.ru

Keywords: digitalization, digital economy, online learning, professional competencies.

The article discusses the practical aspects of the implementation of digital technologies in the training of personnel for the water industry. The main current trends in the development of the digital economy are proposed in relation to the tasks of water management.

В настоящее время актуальным общемировым трендом в развитии экономики и общества является цифровизация, которая включает в себя преобразование разнородной информации в цифровую форму. Несмотря на, казалось бы, узкую направленность как явления, цифровизация приобрела глобальные масштабы и на данный момент охватывает различные сферы – производство, бизнес, науку, социальную среду и обычную жизнь граждан. Она проникла в области экономики, связанные с использованием природных ресурсов, в частности, в область водного хозяйства. Результаты цифровизации доступны широкому кругу лиц, полученной информацией пользуются не только специалисты в конкретной предметной области, но и рядовые граждане.

Цифровизация, по выражению В.Г. Халина и Г.В. Черновой [1], является следующим этапом после информатизации и компьютеризации, которые включали решение частных специальных задач с использованием компьютерной техники. Цифровизация отличается от предыдущих этапов тем, что способна формировать целостные технологические среды обитания, экосистемы и платформы, в рамках которых пользователь может создавать вокруг себя нужное ему окружение, призванное решать целые классы задач.

Использование цифровых технологий способно стать мощным драйвером роста экономики, внедрения инноваций и эффективности, поэтому цифровая экономика – это магистральное направление развития современной цивилизации. В России действует Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая призвана создать условия для развития высокотехнологичных отраслей и недопущения появления

ограничений и трудностей в традиционных отраслях экономики, повышение конкурентоспособности отраслей национальной экономики и усиление ее позиций на мировом рынке [2].

В сфере водного хозяйства, для того чтобы отвечать современным запросам развития цифровой экономики, необходимо постоянное совершенствование подготовки специалистов. Цифровая экономика требует от работников новых профессиональных компетенций и новых профессиональных качеств, позволяющих адаптироваться к постоянно изменяющимся и прогрессирующим цифровым технологиям [3]. Необходима трансформация существующих образовательных программ и организация новых, учитывающих современные тенденции.

Все аспекты цифровизации экономики по-разному внедряются в образовательный процесс. Развитие технологий онлайн-обучения способствует формированию у обучающегося навыков самостоятельного управления собственной образовательной траекторией и побуждает к непрерывному обучению в течении всей профессиональной жизни. При овладении дистанционными технологиями образования вырабатываются навыки критического мышления, самодисциплины и самомотивации. Также востребованными являются навыки работы в группе, распределения полномочий и делегирования управленческих функций.

Наиболее актуальными направлениями развития цифровой экономики, применительно к задачам водного хозяйства, являются сферы дистанционного зондирования Земли, мониторинга процессов из космоса и с использованием беспилотных летательных аппаратов. Для качественного анализа и обработки больших объемов водохозяйственной информации необходимо внедрение аппарата машинного обучения, нейросетевых технологий и математического моделирования глобальных процессов. Для хранения и обмена водохозяйственной информацией могут использоваться облачные технологии, технологии работы с распределенным реестром (блокчейн), для физического моделирования сооружений объектов водного хозяйства и их макетирования применение получают технологии 3D-моделирования и 3D-печати.

Все эти особенности требуют выработки новых профессиональных компетенций в сфере водного хозяйства, адаптированных к современной цифровой эре в экономике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Халин В.Г., Чернова Г.В.* Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Управленческое консультирование. 2018. № 10 (118). С. 46-63.
2. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 г. № 1632-р. government.ru/docs/28653.
3. *Шайдурова Т.Ю.* Подготовка квалифицированного специалиста в условиях цифровизации образования // В сб.: Наука. Информатизация. Технологии. Образование: Мат-лы XIII международной научно-практической конференции. 2020. С. 592-596.

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ ПО
ВОДОСНАБЖЕНИЮ И ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД С УЧЕТОМ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ РФ**

Шабунин А. Ф., Насчетникова О.Б., Никифоров А.Ф., Кордюков К.А.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный государственный университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: 6565792@gmail.com

**EXPERIENCE IN DEVELOPMENT OF THE MAGISTRACY EDUCATIONAL
PROGRAM ON WATER SUPPLY AND WASTE WATER TREATMENT WITH
TAKING INTO ACCOUNT PROFESSIONAL STANDARDS OF THE RUSSIAN
FEDERATION**

Shabunin A.F., Naschetnikova O. B., Nikiforov A.F., Kordukov K.A.
First President of Russia B.N. Yeltsin Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
e-mail: 6565792@gmail.com

Ключевые слова: образовательная программа магистратуры, профессиональные стандарты, трудовые функции магистра, водоснабжение, очистка сточных вод, компетенции.

В статье рассмотрены методические подходы к разработке образовательной программы магистратуры «Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий» по направлению 08.04.01 «Строительство». Дан анализ образовательных и профессиональных стандартов РФ в области «Строительство». Произведен выбор обобщенных трудовых функций специалистов квалификации «магистр» для сферы водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод и определены их профессиональные компетенции.

Keywords: Master's educational program, professional standards, master's labor functions, water supply, wastewater treatment, competencies.

The article discusses the methodological approaches in the development of the educational program of the master's degree "Water supply and sewerage of cities and industrial enterprises" in the direction 08.04.01 "Construction". The analysis of educational and professional standards of the Russian Federation in the field of "Construction" is given. The selection of generalized labor functions of specialists with the qualification "Master" for the sphere of water supply, sewerage and wastewater treatment was carried out and their professional competencies were determined.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка магистерской программы «Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий» на основе требований утвержденных образовательных и профессиональных стандартов РФ является актуальной задачей для подготовки квалифицированных магистров по направлению «Строительство». Эта работа проведена на кафедре «Водное хозяйство и технология воды» Уральского федерального университета имени Первого президента России Б.Н. Ельцина.

Актуальность данной работы обусловлена ростом востребованности специалистов водного хозяйства городов и промышленных предприятий, которые могут не только запроектировать и построить системы подготовки хозяйственно-питьевой воды, очистки

сточных вод, переработки осадков, но и способны решать нестандартные задачи, требующие научного поиска для разработки и внедрения новых технологий.

Кроме того, изменение федеральных образовательных стандартов и актуализация профессиональных стандартов Российской Федерации потребовало новых методических подходов к разработке образовательных программ высшего образования (бакалавриата, магистратуры, аспирантуры).

Традиционно разработка образовательных программ высшего образования ведется на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО), которые представляют собой федеральные нормы качества высшего образования соответствующего уровня (бакалавр / специалист / магистр / аспирант) и направления подготовки. В работе руководствовались ФГОС ВО по направлению 08.04.01 «Строительство» уровень магистратура [1].

В результате присоединения России к странам-участницам Болонского процесса с целью создания единого образовательного пространства стран Европы еще в 2000-х годах была начата разработка ФГОС третьего поколения. Подписание «Болонской конвенции» [2] наложило требования к пересмотру национального образовательного стандарта, чтобы обеспечить сопоставимость и гармонизацию системы высшего образования России и европейских стран.

В 2017 г. принят Федеральный стандарт высшего образования по подготовке магистров по направлению 08.04.01 «Строительство», который полностью отвечает требованиям закона «Об образовании в Российской Федерации» [3]. В основе ФГОС ВО третьего поколения лежит компетентностный подход, являющийся основным принципом всей методологии построения новых образовательных стандартов.

Согласно указанному ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» университетам, имеющим статус «федеральный», дано право самостоятельно разрабатывать и утверждать образовательные стандарты по всем уровням высшего образования. Причем, Статья 11 ФЗ гласит, что «требования к условиям реализации и результатам освоения образовательных программ высшего образования, включенные в такие образовательные стандарты, не могут быть ниже соответствующих требований ФГОС ВО» [3].

В связи с этим в УрФУ разработан Образовательный стандарт для разработки программ магистратуры в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» (далее – Самостоятельно установленный образовательный стандарт УрФУ (СУОС УрФУ), который определяет требования к разработке, реализации и оценке качества основных образовательных программ магистратуры в области инженерного дела, технологий и технических наук [4].

Основным требованием к образовательным программам становится формирование у выпускников набора компетенций, заданных не только образовательным стандартом СУОС УрФУ, но и профессиональными стандартами РФ.

Исследовательская часть

В настоящее время методологическим основанием для модернизации высшего профессионального образования стал компетентностный подход. Это означает, что при разработке образовательных программ университет обязан ориентироваться на области и сферы профессиональной деятельности выпускников, а также их трудовые функции, которые определены в Профессиональных стандартах РФ. В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы не только универсальные и общепрофессиональные компетенции, но и профессиональные компетенции, определяющие его готовность к эффективной инженерной деятельности, созданию новых технологий и исследованиям в области технических наук [5].

Согласно СУОС УрФУ, программа магистратуры должна устанавливать следующие универсальные компетенции (УК), независимые от области и сферы деятельности [4]:

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;

УК-3. Способен организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;

УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах) для академического и профессионального взаимодействия;

УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;

УК-6. Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

Кроме того, программа магистратуры должна устанавливать следующие общепрофессиональные компетенции выпускников (ОПК) в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» [4]:

ОПК 1. Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания.

ОПК 2. Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа.

ОПК 3. Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов.

ОПК 4. Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений.

ОПК 5. Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности.

ОПК 6. Способен планировать и организовывать работы по эксплуатации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта.

ОПК 7. Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации.

Разработку профессиональных компетенций (ПК) для сферы деятельности «Строительство» СУОС УрФУ оставляет за разработчиком магистерской программы и работодателями, определяющими требования к их содержанию.

Поэтому в ходе работы был проведен анализ и выбор утвержденных профессиональных стандартов РФ для определения видов деятельности и трудовых функций магистров в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, водного хозяйства промпредприятий и научно-педагогической сферы, в результате чего сформулированы профессиональные компетенции выпускников программ магистратуры в соответствии с требованиями профессиональных стандартов РФ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с пунктом 3.4 СУОС УрФУ «для установления профессиональных компетенций на основе профессиональных стандартов разработчик программы осуществляет выбор профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников. Из каждого выбранного профессионального стандарта разработчик программы выделяет одну или несколько обобщенных трудовых функций (далее – ОТФ), соответствующих уровню квалификации и профессиональной деятельности выпускников. Для корректного определения ОТФ в соответствии с Приказом Минтруда России №148н от 12 апреля 2013 г. «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов» принимаем 7 уровень квалификации, соответствующий магистерской образовательной программе [6].

На основании этого, на первом этапе нами были определены объекты, области и виды профессиональной деятельности выпускников из Реестра областей и видов профессиональной деятельности, а также установлен перечень необходимых Профессиональных стандартов РФ, а именно:

01 – Образование и наука

01.004 – Педагогическая деятельность в профессиональном обучении, профессиональном образовании, дополнительном профессиональном образовании

10.003 – Деятельность в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности

16 – Строительство и ЖКХ

16.066 – Проектирование насосных станций систем водоснабжения и водоотведения

16.067 – Проектирование сооружений очистки сточных вод

16.146 – Проектирование систем водоснабжения и водоотведения объектов капитального строительства

16.127 – Проектирование подземных инженерных коммуникаций с применением бестраншейных технологий

27.085 – Организация технологических процессов водоснабжения и водоотведения металлургического производства

40 – Сквозные виды профессиональной деятельности

40.011 – Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок

40.172 – Проектирование сооружений водоподготовки и водозаборных сооружений.

Объекты профессиональной деятельности выпускников:

- коллективы рабочих, инженерно-технических работников сферы водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод промышленных, гражданских объектов и территорий;
- образовательные программы, методы обучения, учебно-методические материалы, онлайн курсы и т.п.
- системы и схемы водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод промышленных и гражданских зданий и территорий;
- сооружения очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод;
- системы водоснабжения и водоотведения зданий, сооружений и других объектов капитального строительства гражданского и промышленного назначения;
- подземные сети водоснабжения и водоотведения городов и промышленных предприятий;

- технологические процессы и оборудование по водоподготовке, очистке сточных вод, переработке осадков; материалы, реагенты, методы, приборы, установки;
- нормативная, технологическая и техническая документация в сфере водоснабжения городов и промышленных предприятий;
- отчетная и исполнительная документация, связанная с анализом результатов деятельности производственных подразделений и оценкой качества их работ;
- научно-исследовательские, методические и отчетные материалы, связанные с проведением исследовательских работ.

По результатам данного анализа выбраны профессиональные стандарты, которые использованы для определения профессиональных компетенций выпускника магистерской программы «Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий» и представлены в Табл. 1.

В ходе рассмотрения указанных профессиональных стандартов РФ были выделены следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ) магистров:

- регулирование, организация и планирование в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности;
- руководство проектным подразделением;
- организация работы проектного подразделения;
- осуществление авторского надзора за соблюдением утвержденных проектных решений;
- осуществление научного руководства в соответствующей области знаний;
- формирование новых направлений научных исследований и опытно-конструкторских разработок;
- определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- научно-методическое и учебно-методическое обеспечение реализации программ профессионального обучения;
- преподавание по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры и дополнительного профессионального обучения, ориентированным на соответствующий уровень квалификации.

Проанализировав выбранные ОТФ, можно сделать вывод, что по направлению «Строительство» профессиональные компетенции выпускников проектируемой магистерской программы должны быть сосредоточены в области проектирования, управления коллективом, осуществления авторского надзора, управления жизненным циклом проекта и объекта, разработке специальных решений в области водоснабжения и водоотведения, в том числе с применением новых современных технологий, а также в сфере высшего профессионального образования.

Таким образом, определены следующие требуемые профессиональные компетенции магистров в области водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод (ПК).

ПК1. Способность самостоятельно и в составе/во главе проектного подразделения разрабатывать проектные решения (в том числе, нетиповые) в области водоснабжения и водоотведения в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами; организовывать работу подразделения в соответствии с жизненным циклом проекта.

ПК2. Способность выявлять проблемы, отклонения от проектной документации при ведении авторского надзора в области водоснабжения и водоотведения, оценивать последствия выявленных отклонений и разрабатывать мероприятия (проектные, организационно-технические) по их устранению.

ПК3. Способность осуществлять профессиональную экспертизу проектной и рабочей документации в области водоснабжения и водоотведения.

ПК4. Способность управлять организацией, осуществляющей деятельность в области водоснабжения и водоотведения (строительные отрасли, сфера жилищно-

Табл. 1. Профессиональные стандарты РФ, выбранные для характеристики профессиональной деятельности выпускников образовательной программы магистратуры «Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий» направления 08.04.01 «Строительство»

№ п/п	Код профста ндарта	Наименование профстандарта	Реквизиты приказа Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации об утверждении; реквизиты изменений в профессиональный стандарт	Дата и регистрационный номер Министерства юстиции Российской Федерации; дата и регистрационный номер Минюста РФ при внесении изменений в профессиональный стандарт
1	01.004	Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования	608н08.09.2015	3899324.09.2015
2	10.003	Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности	1167н28.12.2015	4083828.01.2016
3	16.066	Инженер-проектировщик насосных станций систем водоснабжения и водоотведения	592н31.10.2016	4444625.11.2016
4	16.067	Инженер-проектировщик сооружений очистки сточных вод	1085н21.12.2015	4075425.01.2016
5	16.127	Специалист в области проектирования сооружений очистки сточных вод	1084н21.12.2015	4069321.01.2016
6	16.146	Специалист по проектированию подземных инженерных коммуникаций с применением бестраншейных технологий	610н10.09.2019	5613804.10.2019
7	27.085	Специалист в области проектирования систем водоснабжения и водоотведения объектов капитального строительства	273н13.03.2017	4622103.04.2017
8	40.011	Специалист по водоснабжению металлургического производства	364н04.06.2018	5147328.06.2018
9	40.172	Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам	807н14.12.2018	5325309.01.2019
			63н23.01.2017	4564314.02.2017
			121н04.03.2014	3169221.03.2014
			727н12.12.2016	4523013.01.2017
			177н15.02.2017	4596815.03.2017

коммунального хозяйства), организовывать и оптимизировать ее производственную деятельность.

Отдельно стоит обратить внимание на требования к компетенциям, которые предъявляются профстандартом 27.085 «Специалист по водоснабжению металлургического производства». Данные специалисты требуются не только на металлургических предприятиях, но и на предприятиях химической, нефтяной, целлюлозно-бумажной, легкой промышленности. Возрастающая потребность в этих специалистах обусловлена сокращением доступных водных ресурсов требуемого качества, а также колоссальной нагрузкой на водные объекты, которую приносят сточные воды указанных предприятий.

Профессиональные стандарты в приведенных выше отраслях для специалистов по водоснабжению еще не разработаны. Поэтому для формулирования профессиональных компетенций мы ориентировались на трудовые функции, изложенные в стандарте для металлургической отрасли. В результате, в программу включены следующие компетенции:

ПК 5. Способность разработать и реализовать организационно-технические и технологические мероприятия по обеспечению потребностей в водных ресурсах требуемого качества и необходимом количестве всех подразделений промышленного предприятия с учетом основного технологического цикла, в том числе с созданием оборотных и замкнутых циклов водоснабжения.

ПК 6. Способность проводить анализ, выбор и освоение наилучших доступных технологических процессов для совершенствования систем водоснабжения, водоотведения, очистки сточных вод городов и промышленных предприятий.

ПК7. Способность организовать согласованную работу производственных подразделений на всех этапах технологических процессов по водоподготовке, очистке сточных вод и обработке осадков.

Также были сформулированы профессиональные компетенции, связанные с научно-педагогическими трудовыми функциями магистров.

ПК8. Способность формировать программы новых направлений исследований, организовать их проведение и внедрение результатов исследований в практику водоснабжения и водоотведения

ПК9. Способность осуществлять методическое руководство и вести преподавательскую деятельность по программам профессионального обучения и высшего образования в сфере водоснабжения, водоотведения, очистки сточных вод.

ПК10. Способность анализировать, критически осмысливать и представлять информацию, осуществлять поиск научно-технической информации, приобретать новые знания, в том числе с помощью информационных технологий.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены нормативные и методические документы для разработки магистерской программы в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» и сформулированы профессиональные компетенции выпускников-магистров с учетом требований профессиональных стандартов РФ.

В результате предложенного методического подхода выполнена работа по проектированию магистерской программы «Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий»: проведен подбор учебных модулей программы, сформирована карта компетенций в увязке с учебными модулями, разработан и утвержден учебный план и начата реализация образовательной программы по направлению 08.04.01 «Строительство» на кафедре «Водное хозяйство и технология воды» Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство (уровень магистратуры)» №482 от 31 мая 2017 г. – Введ. 2017□30□12. // КонсультантПлюс :сайт информ.-правовой компании. – Москва, 2019. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218854/.
2. «Болонская конвенция»
http://www.ehea.info/media.ehea.info/file/Ministerial_conferences/02/8/1999Bologna_Declaration_English_553028.pdf.
3. Федеральный закон об образовании в российской Федерации №273-ФЗ от 29.12.2012г.(в ред. федеральных законов от 25.12.2018 №497-ФЗ с изменениями, внес. Федеральным законом от 06.04.2015 №68-ФЗ) <https://fgos.ru/>.
4. Самостоятельно установленный образовательный стандарт УрФУ для разработки и реализации программ магистратуры в области образования Инженерное дело, технологии и технические науки утвержден Распоряжением УрФУ № 01.03-04/32 от 22.04.2020 (СУОС УрФУ).
5. Зеер Э.Ф. Модернизация профессионального образования: компетентностный подход: учеб. Пос. для вузов по специальности «профессиональное обучение (по отраслям)»: рек. УМО Вузов РФ / Э. Ф.Зеер, А. М. Павлова, Э. Э. Сыманюк; гл. ред. Д. И. Фельдштейн; Моск. псих.-соц. ин-т. М.: МПСИ, 2005. 216 с.
6. Приказ Минтруда России №148н от 12 апреля 2013г «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов».

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

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

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

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

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

METHODOICAL 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)

4-14

Бортин Н.Н., Дьяченко К.Н., Зверев А.В., Спесивцева Е.Е.

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИБРЕЖНЫЕ
МОРСКИЕ АКВАТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ЯПОНСКОГО МОРЯ)**

Bortin N.N., Dyachenko K.N., Zverev A.V., Spesivtseva E.E.

ASSESSMENT OF THE PORT FACILITIES IMPACT UPON OFFSHORE SEA WATER
AREAS (THE PETER THE GREAT BAY OF THE SEA OF JAPAN AS A STUDY CASE)

15-21

Голод Ю.В., Дубенок С.А.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
В ОБЛАСТИ УЧЕТА СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ В
ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕННЫХ
ПУНКТОВ**

Holad Y., Dubianok S.

IMPROVEMENT OF THE LEGISLATIO OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE
SPHERE OF ACCOUNTING OF WASTE WATERS SUPPLIED TO THE
CENTRALIZED SEWERAGE SYSTEMS OF INHABITED LOCATIONS

22-30

Демин А.П.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ
ОХРАНЫ ВОД С УЧЕТОМ РОЛИ ДИФфуЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ**

Demin A.P.

IMPROVEMENT OF THE REGULATORY LEGAL FRAMEWORK IN THE FIELD OF
WATER PROTECTION TAKING INTO ACCOUNT THE ROLE OF DIFFUSE
POLLUTION OF WATER BODIES

31-36

Крутикова К.В.

**ПРАВОПРИМЕНИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА ВОЗМЕЩЕНИЯ ВРЕДА ВОДНЫМ
ОБЪЕКТАМ ПРИ НАРУШЕНИИ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА**

Krutikova K. V.

LAW-ENFORCEMENT PRACICE CONCERNING COMPENSATION OF DAMAGES TO
WATER BODIES IN CASE OF THE WATER LEGISLATION INFRINGEMENT

37-43

Кулаков А.Ю., Дубенок С.А. ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧ 6.3-6.5 ЦУР 6 Kulakov A.Y., Dubianok S.A. IMPLEMENTATION OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OBJECTIVES IN NATIONAL STRATEGIC DOCUMENTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS WITH SDG 6.3-6.5 AS A STUDY CASE	44-50
Мутыгуллина Ю.В., Урбанова О.Н., Горшкова А.Т., Бортникова Н.В., Рыков Р.А. РЕКА УРАТЬМА КАК ПРИМЕР НЕСОБЛЮДЕНИЯ ВОДНОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Mutygullina Y.V., Urbanova O.N., Gorshkova A.T., Bortnikova N.V., Rykov R.A. THE URATMA RIVER AS AN EXAMPLE OF INFRINGEMENT OF THE WATER CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION	51-56
Носаль А. П., Гетманская О.В., Шубарина А.С. АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ АИС ГМВО ПО СОСТОЯНИЮ ДНА И БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ, НАХОДЯЩИХСЯ В ВЕДЕНИИ РОСВОДРЕСУРСОВ Nosal A.P., Getmanskaya O.V., Shubarina A.S. ANALYSIS OF THE AIS GMVO INFORMATION CONCERNING THE STATE OF BOTTOM AND BANKS OF RESERVOIRS SUPERVISED BY ROSVODRESOURSY	57-68
Прохорова Н.Б. ПРАВОВОЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Nadezhda B. Prokhorova LEGAL AND SCIENTIFIC/METHODICAL SUPPORT OF THE MAIN DIRECTIONS OF WATER SCIENTIFIC ACTIVITIES	69-71
РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGY OF ECOLOGICAL NORMALIZATION OF WATER BODIES' STATE	
Боровский М.Я., Богатов В.И., Борисов А.С., Фахрутдинов Е. Г., Шакуро С.В. ЭКОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС В ПРОЦЕССАХ ОСВОЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ Borovsky M.Ya., Bogatov V.I., Borisov A.S., Fakhrutdinov E.G., Shakuro S.V. ECOLOGICAL AND GEOPHYSICAL COMPLEX IN THE PROCESSES OF OIL FIELD DEVELOPMENT	73-77
Власова Н.Н. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНОВ ВЛАСТИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИ АНОМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ 2020 ГОДА Vlasova N.N. METEOROLOGICAL SUPPORT OF GOVERNMENT AND ADMINISTRATIVE BODIES UNDER ABNORMAL CLIMATIC CONDITIONS IN 2020	78-81

Иманов Ф.А., Вердиев Р.Г., Алиев С.И., Алиев Э.Г., Мамедова Дж.А. ХОЛИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА ГОРНЫХ РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА Imanov F.A., Verdiyev R.G., Aliyev S.I., Aliyev E.H., Mamedova J.A. THE HOLISTIC APPROACH TO DETERMINING THE ECOLOGICAL FLOW OF THE MOUNTAIN RIVERS OF AZERBAIJAN	82-88
Кролевецкая Ю.В., Киранкова О.А., Федченко Т.Ю. ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ КОМПЛЕКСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Krolevetskaya Y.V., Kirshankova O.A., Fedchenko T. Y. THE POSSIBILITIES OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR INTEGRATED WATER USE BASED ON GEOINFORMATION TECHNOLOGIES	89-93
Курганович К.А., Шаликовский А.В., Босов М.А., Кочев Д.В. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ БЕСХОЗЯЙНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ Konstantin A. Kurganovich, Andrey V. Shalikovskiy, Maxim A. Bosov, Denis V. Kochev THE PRACTICE OF USING MODERN REMOTE SENSING DEVICES IN MONITORING OWNERLESS HYDRAULIC STRUCTURES OF THE TRANS- BAIKAL TERRITORY	94-97
Лапина Т.В., Носаль А.П. К ВОПРОСУ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИТЕРИЕВ НДТ ПРИ НОРМИРОВАНИИ СБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД (НА ПРИМЕРЕ АО «СУБР») Lapina T. V., Nosal A. P. ON THE ISSUE OF PRACTICAL APPLICATION OF THE BAT'S CRITERIA IN SETTING NORMS OF THE POLLUTANTS DISCHARGE DURING THE TRANSITION PERIOD (JSC «SUBR» AS A STUDY CASE)	98-104
Лупанова И.А., Крутенко С.А., Григорьева И.Л., Федорова Л.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОХРАНИЛИЩ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ИХ СОСТОЯНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ УГЛИЧСКОГО) Lupanova I. A., Krutenko S. A., Grigoryeva I. L., Fedorova L.P. ENVIRONMENTAL MONITORING OF RESERVOIRS AS A TOOL FOR MANAGING THEIR CONDITION (THE UGLICH RESERVOIR AS AN EXAMPLE)	105-111
Манжина С. А. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ) Manzhina S. A. FORMATION OF A SYSTEM OF OBSERVING WATER BODIES IN AGRICULTURAL INFLUENCE ZONES (ON THE EXAMPLE OF THE ROSTOV REGION)	112-116
Минакова Е.А., Шлычков А.П., Кондратьев С.А. ДИФфузное ЗАГРЯЗНЕНИЕ: ВЫПАДЕНИЯ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ Minakova E.A., Slychkov A.P., Kondratyev S.A. DIFFUSE POLLUTION: DEPOSITS OF BIOGENOUS SUBSTANCES WITH ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN THE BASIN OF THE MIDDLE AND LOWER VOLGA	117-121

- Мурадов Ш.О., Турдиева Ф.А., Тураев У.М.**
НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ КОМПЛЕКСНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В АРИДНОЙ ЗОНЕ
Muradov S.O., Turdieva F., Turayev U.
SOME METHODS FOR COMPOSING THE SCHEMES FOR WATER RESOURCES
INTEGRATED USE AND PROTECTION IN ARID ZONES 122-125
- Попов А.Н.**
К ВОПРОСУ О НОРМИРОВАНИИ ДОПУСТИМОГО ПРИВНЕСЕНИЯ В
ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ
Aleksander N. Popov
ON THE ISSUE OF NORMALIZATION OF MAXIMAL PERMISSIBLE INPUT OF
SUSPENDED MATTER INTO WATER BODIES 126-131
- Потапов Г.А., Заслоновский В.Н.**
СРАВНЕНИЕ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ ХИЛОК ПО МЕТОДИКАМ
УКИЗВ И ПАН6
Grigoriy A. Potapov, Valeriy N. Zaslonskiy
COMPARISON OF WATER QUALITY ASSESSMENTS OF THE KHILOK RIVER
ACCORDING TO THE UKIZV AND PANS TECHNIQUES 132-138
- Пыленок П.И.**
ДРЕНАЖНЫЙ СТОК, МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ
УТИЛИЗАЦИИ
Pylenok P. I.
DRAINAGE FLOW: METHODS OF DETERMINATION AND UTILISATION
TECHNIQUES 139-146
- Решетняк О.С.**
МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ТЕНДЕНЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ
РЕКИ БЕЛАЯ (БАССЕЙН КАМЫ)
Reshetnyak O.S.
LONG-TERM VARIABILITY AND TRENDS IN WATER QUALITY OF THE
BELAYA RIVER (THE KAMA RIVER BASIN) 147-157
- Селезнева А.В., Селезнев В.А.**
ЭКОТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ОТ
СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В РЕКИ
Selezneva A.V., Seleznev V.A.
ECOTECHNOLOGY FOR DETERMINING ANTHROPOGENIC LOAD CAUSED BY
WASTE WATER DISCHARGE TO RIVERS 158-169
- Семенищев В.С., Титова С.М., Оглезнева В.Ю., Куляшова Е.Н., Филинкова В.К.**
ТОНКОСЛОЙНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА МАРГАНЦА НА
РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НОСИТЕЛЯХ ДЛЯ АНАЛИЗА
СОДЕРЖАНИЯ РАДИЯ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ
Semenishchev V.S., Titova S.M., Oglezneva V.Yu., Kulyashova E.N., Filinkova V.K.
THIN-LAYER SORBENTS BASED ON MANGANESE DIOXIDE ON VARIOUS
POLYMER CARRIERS FOR ANALYSIS OF RADIUM IN NATURAL WATERS 170-174
- Урбанова О.Н., Мутыгуллина Ю.В., Горшкова А.Т.,**
Бортникова Н.В., Рыков Р.А., Семанов Д.А.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕКИ СТЕПНОЙ ЗАЙ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
Urbanova O.N., Mutygullina Y.V., Gorshkova A.T., Bortnikova N.V.,
Rykov R.A., Semanov D.A.
THE STEPNIY ZAY RIVER WATER RESOURCES DETERMINATION
ACCORDING TO THE HYDRO/METRIC MEASUREMENTS RESULTS 175-179

- Хафизов А.Р., Камалетдинова Л.А., Низамова Р.А., Гайсин И.З.**
УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ
ОПРЕДЕЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРОТЯЖЕННЫЕ
ВОДОЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)
 Khafizov A.R., Kamaletdinova L.A., Nizamova R.A., Gaysin I.Z.
 ACCOUNTING OF THE CHEMICAL SUBSTANCES CONCENTRATION CHANGES
 IN DETERINATION OF CHEMICAL LOADS UPON LENGTHY WATER BODIES
 (THE PAVLOVSK RESERVOIR AS A STUDY CASE) 180-185
- Хафизов А.Р., Комиссаров А.В., Хазилова А.Ф., Камалетдинова Л.А.,**
Низамова Р.А., Гайсин И.З.
ОБ УЧЕТЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НА
ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ ПРИ
КОРРЕКТИРОВКЕ СКИОВО (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ УРАЛ)
 Khafizov A.R., Komissarov A.V., Khazipova A.F., Kamaletdinova L.A.,
 Nizamova R.A., Gaysin I.Z.
 ABOUT ACCOUNTING OF THE RESERVOIRS REGULATING EFFECTS UPON
 WATER SUPPLY OF WATER/ECONOMIC SITES IN THE PROCESS OF THE
 SWBIUP REVISION (THE URAL RIVER BASIN AS A STUDY CASE) 186-191
- Хоружая Т.А.**
О МЕТОДАХ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ
ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ РЕАБИЛИТАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ
ЦИМЛЯНСКОГО И МАНЫЧСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ)
 Khoruzhaya T.A.
 ON THE METHODS OF IDENTIFICATION OF ECOLOGICAL TROUBLE WITH
 THE RESERVOIRS AQUATIC ECOSYSTEMS AND THE POSSIBILITIES OF THEIR
 USE FOR THE PURPOSES OF REHABILITATION (THE TSIMLYANSK AND
 MANYCH RESERVOIRS AS EXAMPLES) 192-200
- Ширяев Г.И., Новиков П.Е., Малева М.Г., Борисова Г.Г.**
НАКОПЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ПЛЕЙСТОФИТОМ HYDROCHARIS MORSUS-
RANAE L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
 Shiryayev G.I., Novikov P.E., Maleva M.G., Borisova G.G.
 ACCUMULATION OF METALS BY PLEISTOPHYTE
 HYDROCHARIS MORSUS-RANAE L. UNDER TECHNOGENIC IMPACT 201-205
- Щукина Д.А., Иванова Т.С., Малева М.Г., Борисова Г.Г.**
ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ELODEA CANADENSIS НА ДЕЙСТВИЕ
ВОЗРАСТАЮЩИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СИНТЕТИЧЕСКИХ
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
 Shchukina D.A., Ivanova T.S., Maleva M.G., Borisova G.G.
 RESPONSES OF ELODEA CANADENSIS TO THE EFFECT OF INCREASING
 CONCENTRATIONS OF SYNTHETIC SURFACE ACTIVE SUBSTANCES 206-209

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ, КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ, ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

ISSUES OF SAFE WATER USE, QUALITY CONTROL, ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF RISKS FOR PUBLIC HEALTH

Войтенков Е.П., Аникин Ю.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ «УМНАЯ ВОДА» ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Voytenkov Eugeny, Anikin Yuriy

APPLICATION OF THE SMART WATER PROGRAM FOR DESIGNING INTERNAL WATER SUPPLY AND SANITATION SYSTEMS

211-215

Котова В.Е., Андреев Ю.А.

ИЗУЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ ПРОБ ПРИ ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАУ В ВОДЕ МЕТОДОМ ВЭЖХ

Kotova V.E., Andreev Yu.A.

A SAMPLE PREPARATION RESEARCH IN EXTRACTION-CHROMATOGRAPHY DETERMINATION OF PAH IN WATER BY HPLC ANALYSIS

216-220

Семенищев В.С., Воронина А.В., Томашова Л.А., Черепанова М.А., Насонова Ю.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РОДНИКАХ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА И СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Semenishchev V.S., Voronina A.V., Tomashova L.A., Cherepanova M.A., Nasonova Yu.I.

DETERMINATION OF WATER QUALITY IN SPRINGS OF YEKATERINBURG CITY AND SVERDLOVSK REGION

221-226

Тамбиева Н.С., Котова В.Е., Михайленко О.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Tambieva N.S., Kotova V.E., Mikhaylenko O.A.

FLUORIDE DETERMINATION IN DIFFERENT TYPES OF DRINKING WATER

227-230

Халиков И.С., Лукьянова Н.Н.

СЕЗОННАЯ ВАРИАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ В РАЙОНЕ Г. БАЙКАЛЬСКА

Khalikov I.S., Lukyanova N.N.

SEASONAL VARIATION OF THE CONTENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN THE LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS NEAR BAIKALSK

231-240

Хлыстов И.А., Штин Т.Н., Харьковская П.К., Замолотских Т.В.,

Бугаева А.В., Щукина Д.А., Брусницына Л.А.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА: СОДЕРЖАНИЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ОПАСНОСТИ

Khlystov I.A., Shtin T.N., Kharkova P.K., Zamolotskikh T.V.,

Bugaeva A.V., Shchukina D.A., Brusnitsina L.A.

ORGANIC MATTER IN YEKATERINBURG SURFACE SOURCES OF DRINKING WATER SUPPLY: COMPOSITION, IDENTIFICATION AND HAZARD

241-247

**Штин Т.Н., Гурвич В.Б., Галашева О.Е., Хлыстов И.А., Шеломенцев И.Г.,
Неудачина Л.К., Штин С.А.**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРЕННЫХ ФОРМ КРЕМНИЯ В ВОДЕ МЕТОДОМ
АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ В ГРАФИТОВОЙ
КЮБЕТЕ**

Shtin T.N., Gurchich V.B., Galasheva O.E., Khlystov I.A., Shelomentsev I.G., Neudachina
L.K., Shtin S.A.

DETERMINATION OF DISSOLVED FORMS OF SILICON IN WATER BY ATOMIC
ABSORPTION SPECTROMETRY IN A GRAPHITE CUVETTE

248-253

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

INNOVATIVE TECHNIQUES OF THE PRODUCTION WATER SUPPLY SYSTEMS

Браяловский Г.Б., Насчетникова О.Б., Мигалатий Е.В., Шабунин А.Ф.

**ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Brayalovsky G. B., Naschetnikova O. B., Migalatiy E. V., Shabunin A.F.

RECYCLING OF THE SURFACE WATER TREATMENT PLANTS WASHWATERS

255-260

Галкин Ю.А., Уласовец Е.А., Селицкий Г.А., Ермаков Д.В., Обедин Д.Н.

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Galkin Y.A., Ulasovets E.A., Selitskiy G.A., Ermakov D.V., Obadin D.N. RESULTS OF
DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE MINING/METALLURGIC INDUSTRY
WASTEWATERS TREATMENT TECHNIQUES

261-263

Галкин Ю.А., Янькина И.А.

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ КАЛИНОМАСЛОСОДЕРЖАЩИХ
ОСАДКОВ В АППАРАТАХ ОКУД**

Galkin Y.A., Yankina I.A.

A DEYDRATION TECHNIQUE FOR CINDER/OIL CONTAINING SLUDGE WITH
THE USE OF OKUD APPARATUS

264-267

Кузнецов В.Н.

**ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ УСЛОВНО ГРЯЗНЫХ ВОД К МЕСТАМ
ВЫПУСКА В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Kuznetsov V.N.

PROBLEMS OF CONDITIONALLY DIRTY WATERS TRANSFER TO THE POINTS
OF DISCHARGE TO WATER BODIES

268-274

Неволина И.В., Рязанцева Н.А.

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВЫСОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Nevolina I. V., Ryazantseva N.A.

BIOLOGICAL TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED INDUSTRIAL
WASTEWATER

275-278

Теплоухов С.П.

**ЦЕМЕНТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

Teploukhov S.P.

CEMENT INDUSTRY AND THE ISSUE OF INDUSTRIAL WASTE RECYCLING

279-280

Ужанова А.В., Неволлина И.В., Покрышкин К.В.

**ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТАНОВОК БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Uzhanova A.V., Nevolina I.V., Pokryshkin K.V.

DESIGN EXPERIENCE OF INDUSTRIAL WASTEWATER BIOLOGICAL
TREATMENT PLANTS

281-285

**РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ В СФЕРЕ
ОХРАНЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ**

**THE ROLE OF ECOLOGICAL ENLIGHTNMENT AND EDUCATION
IN THE SPHERE OF WATER ENVIRONMENT PROTECTION**

Баглаева М. Р., Погодаева М.В.

**ШКОЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ «ХРУСТАЛЬНОЕ СЕРДЦЕ
РОССИИ»**

Baglayeva M.R., Pogodaeva M.V.

SCHOOL ENVIRONMENTAL PROJECT "CRYSTAL HEART OF RUSSIA"

287-289

Весина М. Е., Шутов К. Н., Сaitова Д. Г.

**ПРИВЛЕЧЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОГО ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯ
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ФОНЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РЫНКА
ТРУДА: ПРОБЛЕМЫ, ПРИЧИНЫ И ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ (КЕЙС МУП
«ВОДОКАНАЛ» ЕКАТЕРИНБУРГА)**

Vesina M.E., Shutov K.N., Saitova D.G.

ATTRACTION OF COMPETENT PERSONNEL TO THE LIFE-SUPPORT
INSTITUTIONS ON THE BACKGROUND OF THE CURRENT LABOR MARKET
TRENDS: PROBLEMS< CAUSES AND OPTIONS OF SOLUTION (EKATERINBURG
«VODOKANAL» AS A STUDY CASE)

290-294

Курганович К.А., Зима Л.Н.

**ВОПРОСЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В
ЦЕЛЯХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Konstantin A. Kurganovich, Liya N. Zima

THE ISSUES OF PROFESSIONAL TRAINING TO ADDRESS DIGITIZATION OF
WATER MANAGEMENT TASKS

295-296

Шабунин А. Ф., Насчетникова О.Б., Никифоров А.Ф., Кордюков К.А.

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
МАГИСТРАТУРЫ ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ И ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД С
УЧЕТОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ РФ**

Shabunin A.F., Naschetnikova O. B., Nikiforov A.F., Kordukov K.A.

EXPERIENCE IN DEVELOPMENT OF THE MAGISTRACY EDUCATIONAL
PROGRAM ON WATER SUPPLY AND WASTE WATER TREATMENT WITH
TAKING INTO ACCOUNT PROFESSIONAL STANDARDS OF THE RUSSIAN
FEDERATION

297-304