

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ

ECOLOGICAL REHABILITATION AND RESTORATION OF WATER BODIES

УКРУПНЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИВНОСА В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ЛИВНЕВЫМ СТОКОМ С СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ)

Белевцов А.А., Нырков Ю.Н., Зверев А.В.

Дальневосточный филиал ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов»

г. Владивосток, Россия

iwf@vlad.ru

Ключевые слова: объем, ливневой сток, концентрация, ингредиент, вещество, зависимость, масса.

Выполнены расчеты среднегодового объема ливневых сточных вод для водосборной площади бухты Золотой Рог (Приморский край). Определены средние концентрации нефтепродуктов, аммонийного азота, фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, железа, меди, цинка, нитритов и нитратов в ливневых стоках и массы привноса этих веществ в исследуемый водный объект.

THE INTEGRATED EVALUATION OF WATER POLLUTING SUBSTANCES OBJECT RAIN RUN-OFF FROM RESIDENTIAL AREAS (FOR EXAMPLE THE ZOLOTOY ROG BAY)

Belevtsov A.A., Nirkov Y.N., Zverev A.V.

Russian Research Institute

for Integrated Water Resources Use and Protection Far Easter Branch

Vladivostok, Russia

iwf@vlad.ru

Key words: storm water, runoff volume, concentration, ingredient, substance, dependence, mass.

Calculations of the average annual volume of storm water catchment for the Zolotoy Rog Bay (Maritime Kray). Determined average concentrations of petroleum products, ammonia nitrogen, phenols, synthetic surfactants, iron, copper, zinc, nitrites and nitrates in storm runoff and mass of these substances in the investigated water object.

Для укрупненной оценки привноса в водный объект загрязняющих веществ ливневым стоком с селитебных территорий необходимо решить следующие задачи:

- расчет среднегодового объема дождевого стока;
- определение средних концентраций ингредиентов в ливневом стоке.

Гидрографическая сеть водосборной площади бухты Золотой Рог представлена двумя основными водотоками – рекой Объяснения и впадающей в нее рекой Буяковка, а также многочисленными распадками, в основном на территории городской застройки, имеющими незначительные размеры площадей водосборов (рис.1).

Среднегодовой ливневой сток и норма ливневого стока для неизученных рек, каковыми являются рассматриваемые микробассейны и река Объяснения, были установлены, согласно СП 33-101-2003, с применением региональных методов и зависимостей, выведенных на основе результатов наблюдений на изученных реках-аналогах. Расчеты показали, что модуль стока для рассматриваемой территории приблизительно равен 17 л/с·км². Значения нормы ливневого стока для рассматриваемых микробассейнов (рис. 1), рассчитанные как произведение модуля стока на отдельно взятую водосборную площадь (с учетом невязки), приведены в табл. 1.

Определение средних концентраций ингредиентов в ливневом стоке осуществлялось на основе анализа соотношений масс загрязняющих веществ и объемов этого вида сточных вод. Проведение данной работы было связано со следующими основными трудностями:

- отсутствие системных наблюдений за характеристиками ливневого стока;
- большая вариативность количественных показателей, обусловленная как естественными процессами (например, периодом времени от момента формирования устойчивого склонового стока), так и непрогнозируемым появлением на водосборной площади временных источников воздействия на ливневые воды.



Рис. 1. Схема водосборного бассейна бухты Золотой Рог.

Отсутствие системных наблюдений предполагает использование иных источников информации по теме исследования. В связи с этим для определения количественных показателей ингредиентов, содержащихся в ливневых сточных водах, поступающих с водосборной площади бухты Золотой Рог, использовались данные территориального раздела государственной отчетности 2-ТП (водхоз) за период с 2011 по 2015 год, представленные водопользователями, имеющими наибольшее число выпусков ливневых стоков.

Эта информация позволяет определить типичный для района исследований состав склонового стока. Однако расчет средних концентраций веществ предпочтительнее проводить по показателям, относящимся к ливневым сточным водам, образованным в сходных обстоятельствах, т. е. не подвергнутых влиянию случайных (временных) источников воздействия. Выделение из общего массива информации данных, соответствующих этому условию, проводилось на основе предположения о наличии устойчивой связи между годовым объемом ливневых сточных вод и массой, содержащихся в них веществ, для стоков, поступающих из одного района водосборной площади с составом веществ, сформированным в близких условиях. Для оценки тесноты этой связи использовались коэффициенты корреляции, характеризующие зависимость между объемами ливневого стока, сбрасываемыми в водный объект через отдельные объекты водоотведения, и соответствующими им массами каждого из содержащихся в стоке ингредиентов. За нижнюю допустимую границу, указывающую на то, что ливневой сток образован без существенного влияния случайных факторов, принят коэффициент корреляции равный 0,70.

Таблица 1. Рассчитанные значения нормы и среднегодового годового объема ливневого стока микробассейнов на водосборной площади бухты Золотой Рог

| № бассейна | Площадь, км ² | Норма стока, л/с | Годовой объем стока, тыс. м ³ | № бассейна | Площадь, км ² | Норма стока, л/с | Годовой объем стока, тыс. м ³ |
|-------------------|--------------------------|------------------|--|------------|--------------------------|------------------|--|
| 1 | 0,06 | 1,2 | 38 | 17 | 0,60 | 10,5 | 331 |
| 2 | 0,06 | 1,2 | 38 | 18 | 5,4 | 9,5 | 330 |
| 3 | 0,11 | 2,0 | 64 | 19 | 0,55 | 10,0 | 315 |
| 4 | 0,13 | 2,5 | 79 | 20 | 0,74 | 13,0 | 411 |
| 5 | 0,14 | 2,5 | 79 | 21 | 1,34 | 23,0 | 726 |
| 6 | 0,43 | 7,5 | 238 | 22 | 0,37 | 6,5 | 205 |
| 7 | 0,20 | 3,5 | 112 | 23 | 0,80 | 14,0 | 442 |
| 8 | 0,20 | 3,5 | 112 | 24 | 0,62 | 11,0 | 347 |
| 9 | 0,65 | 12,0 | 380 | 25 | 0,26 | 4,5 | 142 |
| 10 | 0,39 | 7,0 | 222 | 26 | 0,36 | 6,5 | 205 |
| 11 | 1,14 | 20,0 | 632 | 27 | 0,28 | 5,0 | 158 |
| 12 | 0,66 | 11,5 | 364 | 28 | 0,27 | 5,0 | 158 |
| 13 | 0,47 | 8,5 | 270 | 29 | 0,38 | 7,0 | 221 |
| 14 р. Буяковка | 2,88 | 50,0 | 1580 | 30 | 0,34 | 6,0 | 177 |
| 15 | 0,72 | 13,0 | 410 | 31 | 0,08 | 1,5 | 48 |
| 16 | 2,06 | 35,0 | 1103 | 32 | 0,11 | 2,0 | 64 |
| Итого | 10,3 | | 5721 | | 12,5 | | 4280 |
| Всего | | | | | 22,8 | | 10 000 |

Непосредственно было проведено сопоставление 3 рядов, характеризующих годовые объемы отведенных ливневых стоков, и 21 ряда данных о массах ингредиентов, поступивших с ними в водный объект. Удовлетворяющая поставленному условию теснота связи выявлена для 57 % сопоставленных рядов. Зависимости для 43 % исследуемых рядов данных оказались недостаточно устойчивыми, что говорит о неоднородности условий поступления этих веществ в сточные воды, т. е. о наличии влияния случайных (временных) источников воздействия. В связи с этим требуется решение дополнительной задачи по выделению массива данных, соответствующих относительно идентичным условиям формирования ливневого стока в части поступления в него рассматриваемых веществ. Для достижения заявленной цели были использованы зависимости следующего вида:

$$\sum M_{з.в.} = f \sum W_{лив. ст.},$$

где $\sum M_{з.в.}$ – последовательно нарастающая сумма годовых масс i -того ингредиента за расчетный период; $\sum W_{лив. ст.}$ – последовательно нарастающая сумма объемов годового ливневого стока, с которым поступает i -й ингредиент.

Предполагается, что связь между $\sum M_{з.в.}$ и $\sum W_{лив. ст.}$ должна стремиться к линейной зависимости при близких к равным условиям формирования состава сточных вод. Примеры подобных связей для нефтепродуктов и фенолов на рис. 2 и 3. Характер расположения точек на них в целом подтверждает высказанное предположение – красным цветом выделены точки, соответствующие данным, полученным в условиях воздействия на ливневой сток временных (случайных) факторов. Удаление этой информации из общего ряда данных позволяет достигнуть соблюдения указанного выше условия, характеризующего тесноту связи между годовым объемом ливневых сточных вод и массой, содержащихся в них веществ. В итоге появилась возможность провести расчет средних концентраций ингредиентов для южной, северной и западной частей водосборной площади б. Золотой Рог. Эти показатели определены как среднее арифметическое из концентраций ингредиентов, поступивших в ливневой сток при сходных внешних условиях. Для бассейна р. Объяснения

средние концентрации веществ в ливневых сточных водах, как и среднее содержание в них нитритов и нитратов (по бассейну б. Золотой Рог в целом) рассчитывались по данным натуральных исследований качественного состава ливневого стока полученным в 2016 г.

Таким образом, были получены исходные данные, позволяющие определить массы среднегодового привноса химических веществ с ливневыми сточными водами. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

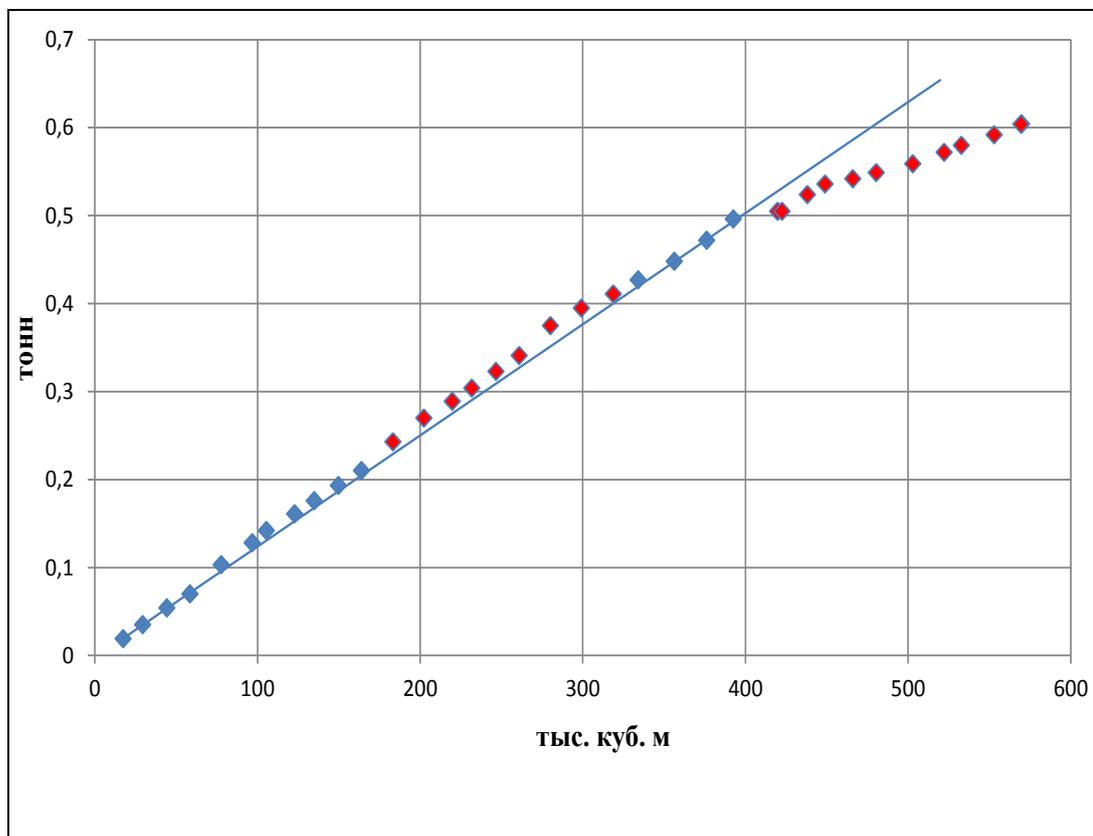


Рис. 2. Зависимость $\sum M_{з.в.} = f \sum W_{лив. ст.}$ для нефтепродуктов.

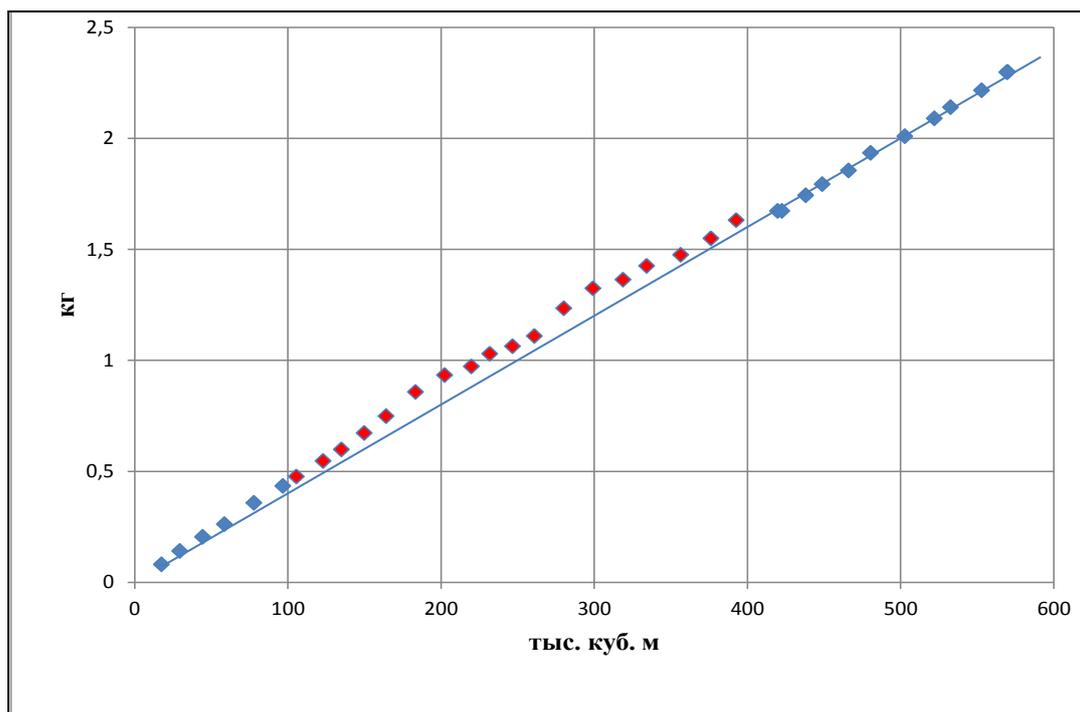


Рис. 3. Зависимость $\sum M_{з.в.} = f \sum W_{лив. ст.}$ для фенолов.

Таблица 2. Расчет среднегодового привноса веществ ливневым стоком с водосборной площади бухты Золотой Рог

| Наименование ингредиента | Южная часть водосборной площади | | Северная часть водосборной площади | | Западная часть водосборной площади | | Бассейн р. Объяснения | | | Суммарный среднегодовой принос ингредиента, кг | |
|--------------------------|--|---|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|--|----------|
| | Средняя концентрация, г/м ³ | Среднегодовой объем ливневого стока, м ³ | Среднегодовой принос ингредиента, кг | Средняя концентрация, г/м ³ | Среднегодовой объем ливневого стока, м ³ | Среднегодовой принос ингредиента, кг | Средняя концентрация, г/м ³ | Среднегодовой объем ливневого стока, м ³ | Среднегодовой принос ингредиента, кг | | |
| Нефтепродукты | 0,355 | 15200 00 | 539,6 | 18680 00 | 1023,6 64 | 1,25 | 76000 0 | 950 | 58530 00 | 368,73 9 | 2882,0 |
| Аммонийный азот | 1,16 | 15200 00 | 1763,2 | 18680 00 | 1825,0 36 | 1,05 | 76000 0 | 798 | 58530 00 | 1258,3 95 | 5644,6 |
| Фенолы | 0,008 | 15200 00 | 12,16 | 18680 00 | 26,152 | 0,004 | 76000 0 | 3,04 | 58530 00 | 10,535 4 | 51,9 |
| СПАВ | 0,106 | 15200 00 | 161,12 | 18680 00 | 173,72 4 | 0,134 | 76000 0 | 101,84 | 58530 00 | 357,03 3 | 793,7 |
| Железо | 0,69 | 15200 00 | 1048,8 | 18680 00 | 1382,3 2 | 0,49 | 76000 0 | 372,4 | 58530 00 | 737,47 8 | 3541,0 |
| Медь | 0,006 | 15200 00 | 9,12 | 18680 00 | 26,152 | 0,025 | 76000 0 | 19 | 58530 00 | 14,047 2 | 68,3 |
| Цинк | 0,007 | 15200 00 | 10,64 | 18680 00 | 834,99 6 | 0,102 | 76000 0 | 77,52 | 58530 00 | 0,0 | 923,2 |
| Нитриты | 0,178 | 15200 00 | 270,56 | 18680 00 | 332,50 4 | 0,178 | 76000 0 | 135,28 | 58530 00 | 1041,8 34 | 1780,2 |
| Нитраты | 11,45 | 15200 00 | 17404 | 18680 00 | 21388, 6 | 11,45 | 76000 0 | 8702 | 58530 00 | 67016, 85 | 114511,4 |

Полученные результаты позволяют сделать следующий основной вывод – поступление химических веществ с ливневым стоком селитебных территорий оказывает значимое влияние на экологическое состояние прилегающих к ним водных объектов. Расчетные показатели (массы) привноса ингредиентов с водосборной площади бухты Золотой Рог позволяют констатировать, что применяемые на сегодняшний день (в большинстве случаев) стандартные способы очистки ливневых стоков не могут в полной мере снизить негативное влияние этого процесса на качество природных вод.

Сведения об авторах:

Белевцов Александр Александрович, заведующий отделом мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, Россия, 690014, Владивосток, пр. Красного Знамени, 66, а/я 153; e-mail: iwf@vlad.ru

Нырков Юрий Николаевич, ведущий инженер, отдел моделирования гидрологических процессов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, Россия, 690014, Владивосток пр. Красного Знамени, 66, а/я 153; e-mail: iwf@vlad.ru

Зверев Александр Викторович, ведущий инженер, отдел мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, Россия, 690014, Владивосток пр. Красного Знамени, 66, а/я 153; e-mail: iwf@vlad.ru

О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РЕЗОНАНСНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ВОДЫ

Болотова Н.Л.

ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный университет»

г. Вологда, Россия

bolotova.vologda@mail.ru

Ключевые слова: качество воды, самоочищение, резонансное управление, антропогенные сукцессии, эвтрофирование, токсификация, экоинжиниринг, биоэкотехнологии.

Рассматриваются проблемы управления качеством воды. Предлагается резонансный подход как теоретическая основа интеграции исследований, касающихся технологии очистки воды и изучения антропогенных сукцессий водных экосистем при эвтрофировании и токсификации. Обосновывается улучшение качества воды за счет резонансных эффектов при совпадении компенсационных механизмов экоинжиниринга очистки вод и повышения самоочищения экосистемы, благодаря деятельности гидробионтов-фильтраторов при внедрении биоэкотехнологий. Разработан алгоритм исследования малой реки, на которой расположены сооружения с разной технологией очистки сбросных вод, как модельного полигона для объединения усилий специалистов в области инженерной экологии и гидробиологии.

ON PERSPECTIVENESS OF THE RESONANCE APPROACH TO WATER QUALITY MANAGEMENT

Bolotova N.L.

Vologda State University, Vologda, Russia

bolotova.vologda@mail.ru

Keywords: water quality, self-cleaning, resonant management, anthropogenic successions, eutrophication, toxicification, ecological engineering, bio/eco/technology.

The article deals with the problem of water quality management. A resonant approach is proposed as a theoretical basis for integration of the investigations related to water treatment techniques and studying of aquatic ecosystems anthropogenic successions in the processes of eutrophication and toxicification. The improvement of water quality due to the resonance effects in case of coincidence of water treatment eco/engineering compensatory mechanisms and improving of the ecosystem self-purification ability because of the filtering hydrocoles' activities is explained. We designed the algorithm for studying a small river hosting different waste water treatment technique as a test ground to unite the efforts of engineers and hydro/biologists.

Изменение качества воды, вызванное деятельностью человека, является триггерным механизмом, запускающий каскад нежелательных процессов структурно-функциональных сдвигов в водных сообществах, снижения рекреационных и рыбных ресурсов, создания экологических рисков для водоснабжения и здоровья населения.

Междисциплинарный характер проблемы охватывает большой комплекс направлений исследований. При этом оценка состояния водных экосистем входит в круг интересов гидробиологов, а поддержание качества воды направлено на технологическое решение проблемы. Кроме того, ведомственный характер интересов, связанных с водоснабжением и водоочисткой, определяет свои подходы к проблеме качества воды в области инженерной экологии. При этом водная экосистема

рассматривается в качестве управляемой подсистемы, в которой идут процессы самоочищения. Под управлением качеством воды традиционно подразумевается система организационно-технических мероприятий, направленных на изменение характеристик воды в эксплуатируемом водном объекте.

Практически не применяется синергетическая методология, в которой разработаны теоретические положения об эффективном управлении на основе принципа «мягкой силы», учитывающем собственные тенденции саморганизуемых систем. Применение такого управления к функционированию водных экосистем дает возможность проявления резонансных явлений, что значительно повышает его эффективность. Разработка резонансного подхода к управлению качеством воды может быть теоретической основой интеграции для исследователей, создающих технологии очистки воды, обосновывающих нормирование ее качества и изучающих экосистемные процессы. Поэтому целью работы является теоретическое обоснование перспективности резонансного подхода к управлению качеством воды.

Краткий анализ существующих подходов к управлению качеством воды

Проблема качества воды носит междисциплинарный и комплексный характер, касающийся инженерных аспектов очистки воды, изучения экосистем с позиций гидрологии, гидрохимии, гидробиологии. При этом слабо разработаны теоретические основы технико-биологической интеграции в целях регуляции качества воды при разделении областей наук, изучающих биосистемы и техносферу. Фундаментальные основы экологии сформированы биологами, которые при изучении водных экосистем рассматривают воду как один из экологических факторов. Гидрология как область деятельности инженеров акцентирует внимание на технических и социальных аспектах использования водных ресурсов.

В отношении использования водных ресурсов в нашей стране предлагается принцип «открытого» управления на основе согласования стратегий водопользования с применением стохастического программирования [1]. Мировые научные центры пытаются решить проблему подходов к управлению водными ресурсами, следуя положениям международных директив. Это Рамочная Директива по Воде, Глобальное Водное Партнерство (GWP), Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР), основывающихся на концепции бассейнового подхода и декларирующих учет интересов экосистем. Особое внимание уделяется транснациональным водным бассейнам в рамках задач Конвенции по трансграничным водотокам и озерам. Можно сказать, что это своеобразный механизм глобализации, который канализирует направления и подходы в научных исследованиях, касающихся водных ресурсов и их качества. Однако решение этого вопроса не пошло дальше положений о базировании анализа нагрузки и воздействий на широко используемом подходе DPSIR, предполагающем причинно-следственную связь между взаимодействующими компонентами социальной, экономической и экологической систем. Основное внимание обращается не на превентивные меры, соответствующие замедлению нежелательных экосистемных процессов, а на последовавший ответ экосистемы на загрязнение вод (цветение воды, гибель рыб).

Более перспективной политикой отличается Китай, где внедряются новые методы ресурсно-ориентированного управления при разграничении экологических и природоохранных требований к стоку. Центральной темой ключевого по значимости форума InternationalYellowRiverForum, IYRF с 2005 года стало «здоровье» реки, что было отражено в декларации «KeepingHealthyLifeoftheRiver». В Австралии осуществляется внедрение концепции «здоровых рабочих рек». Под этим

подразумевается «управляемая река, для которой найден устойчивый компромисс, согласованный с обществом, между состоянием природной экосистемы и уровнем использования людьми».

Обзор подходов к управлению водными ресурсами показывает недостаточную эффективность интеграции инженерных и биологических подходов к решению проблемы качества воды. В инженерной экологии акцентируется внимание на прогрессе технологий очистки, а биологи традиционно стремятся усовершенствовать критерии оценки состояния экосистемы, но уже после воздействия. Это запаздывание или лаг-эффект не дает возможности синхронизации усилий для управления с резонансным характером в режиме «real-time».

Обоснование перспективности резонансного подхода к управлению качеством воды

Традиционно декларируемая цель сохранения экосистем должна дополняться разработкой подхода к управлению водными ресурсами с учетом требований экосистемы и на основе стратегии резонансных эффектов. Основной задачей этого «мягкого управления» служит поиск малых резонансных воздействий, способствующих переходу экосистемы на один из собственных вариантов самоподдержания качества воды для сообществ гидробионтов и выгодное для человека. Известно, что небольшими воздействиями в управлении можно достичь больших результатов в ситуациях крайней неустойчивости систем, которой и характеризуется деградация водных экосистем. Поэтому в рамках синергетических представлений целесообразно ввести понятие резонансного управления для регуляции качества воды. В свою очередь, это потребует при разработке и модернизации технологий очистки воды использования знаний о нелинейных путях самоорганизации экосистем в условиях их антропогенной трансформации. Ключевым моментом станет поиск механизмов резонансного управления качеством воды с учетом тенденций развития экосистем и возможностей замедления нежелательных процессов антропогенных сукцессий водных экосистем.

Последнее означает, что применение резонансного подхода связано с разработкой проблемы антропогенных сукцессий водных экосистем при эвтрофировании, закислении и токсификации. На фоне глобального антропогенного воздействия известное понятие естественной сукцессии в направлении устойчивого сообщества не является адекватным для оценки развития экосистем, т. к. все природные сукцессии преобразованы в той или иной степени. Поэтому возрастает актуальность исследований антропогенных сукцессий как пути саморазвития экосистем со своими закономерностями. Ранее был проведен анализ специфики антропогенных сукцессий водосборов таежной зоны в рамках синергетической методологии как саморазвития системы, где точкой бифуркации является смена приоритетности действия природных факторов на антропогенные [2]. Отсюда следует, что для замедления антропогенных сукцессий необходимо усиление действия природных факторов. Этой задаче служит исследование и моделирование биоэко-технологических компенсационных механизмов с резонансными эффектами для улучшения качества воды в условиях антропогенных сукцессий экосистем.

Отметим, что в настоящее время развитие технологий очистки направлено на соблюдение общепринятого для страны нормирования состава сбросных вод без учета особенностей как ландшафтно-климатической зоны, так и специфики конкретного водного объекта. Поэтому перспективная стратегия экологического проектирования связана с регулированием качества воды за счет технологично-экологического

инжиниринга, что должно включать оценку пролонгированных последствий загрязнения для развития данной водной экосистемы.

В плане обоснования компенсационных механизмов следует обобщить опыт восстановительной экологии, которая ориентируется на активные хозяйственные мероприятия и экотехнологии восстановления водных объектов. Восстановление водных экосистем связано со снижением антропогенной нагрузки, удалением биогенных и загрязняющих веществ, повышением самоочищающей способности. Указаны возможности использования комплекса физических, химических и биологических процессов очищения воды [3].

Для внедрения резонансного подхода разработан алгоритм планируемых исследований на модельном полигоне малой реки (р.Тошня, Вологодская область), частично протекающей по урбанизированному ландшафту и используемой для водоснабжения областного центра. Выбор объекта обусловлен и тем, что малые реки относятся к наиболее распространенному типу водных экосистем, их можно считать ключевыми звеньями в формировании качества воды речных бассейнов. Вследствие проточного режима реки негативные изменения затрагивают экосистему в целом. Поэтому восстановление речной экосистемы не может быть достигнуто путем локального улучшения качества воды за счет функционирования даже нескольких очистных сооружений с разными технологиями очистки как на выбранном нами модельном водотоке. Кроме того, очистка воды не носит адекватного характера из-за произвольного выбора спектра нормируемых веществ без учета отклика сообщества экосистемы.

В рамках подходов инженерной экологии предлагается иная идеология решения проблемы оздоровления водных экосистем, направленная на «прогностическое» экологическое нормирование. Оно не будет акцентировано на традиционном принципе соблюдения ПДК, а ставит задачу соответствия экоинжиниринга модернизации очистки вод наблюдаемым экосистемным процессам. Будут учтены пролонгированные последствия избыточного поступления биогенных и токсических элементов, особенности их миграции в абиотических и биотических компонентах экосистем. Также предполагается учет специфики речной экосистемы, пространственно-временной мозаичности ее сообществ при анализе результирующей влияния природных факторов и поступающих стоков на изменчивость гидрологии реки и качество воды.

Адекватное обоснование нормирования сбросов должно выполняться с расчетом на активизацию жизнедеятельности гидробионтов и их метаболический потенциал для проявления резонансного эффекта улучшения качества воды при внедрении биоэкотехнологий. Это повышение самоочистительной способности сообществ гидробионтов путем их реконструкции, биоремедиации, в т. ч. усиления кондиционирующих способностей экосистемы при использовании разных типов фиторемедиации, экотехнологии «constructed wetland» и биоманипулирования как резонансного эффекта регуляции динамики пищевых цепей.

Таким образом, междисциплинарный характер выполнения задачи требует сочетания усилий специалистов в области инженерной экологии и гидробиологии. Оптимизация регуляции качества воды достигается за счет резонансных эффектов при совпадении компенсационных механизмов обезвреживания сточных вод при технической очистке и деятельности гидробионтов-фильтраторов. Это минимизирует ущерб реке от загрязнения на основе обратных связей функционирования природно-технической системы. Конечной целью разработки резонансного подхода к управлению регуляцией качества воды служит поддержание устойчивости экосистем за счет замедления антропогенных сукцессий при эвтрофировании и токсификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М.: Научный мир, 2010. 232 с.
2. Болотова Н.Л. Введение. Подходы к оценке антропогенных сукцессий водосборов таежной зоны Европейского Севера // Сб. статей: Антропогенные сукцессии водосборов таежной зоны: биоиндикация и мониторинг. Вологда. 2007. С. 5–16.
3. Остроумов С.А. Доказательство решающей роли биоты в улучшении качества воды // Вода: технология и экология. 2010. № 1. С. 32–62.

Сведения об авторе:

Болотова Наталья Львовна, заведующая кафедрой биологии и экологии, ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный университет» (ВоГУ), Россия, 160000 г. Вологда, ул. Ленина 15; e-mail: bolotova.vologda@mail.ru

РЕКА ОБЪЯСНЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ

Бортин Н.Н., Крапивенцев Н.В., Горчаков А.М., Белевцов А.А., Дьяченко К.Н.

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

Ключевые слова: река Объяснения, бухта Золотой Рог, сточные воды предприятий, ливневые воды, загрязняющие вещества, концентрация.

Рассматривается влияние стока реки Объяснения на качество вод бухты Золотой Рог (г. Владивосток); показаны основные источники поступления загрязняющих веществ в р. Объяснения и далее в бухту Золотой Рог; названы предприятия, отводящие коммунально-бытовые, производственные и ливневые сточные воды и содержащиеся в них загрязняющие вещества. Описано количество и соотношение загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах данных предприятий.

THE OBYASNENIYA RIVER AS A SOURCE OF THE ZOLOTOY ROG BAY POLLUTION

Bortin N.N., Krapiventsev N.V., Gorchakov A.M., Belevtsov A.A., Dyachenko K.N.

Russian Research Institute for Water Resources Integrated Use and Protection Far Easter Branch
Vladivostok, Russia
iwf@vlad.ru

Keywords: the Obyasneniya River, Zolotoy Rog Bay, industrial wastewater, storm water, pollutants, concentration.

The article describes the Obyasneniya River runoff impact on the Zolotoy Rog Bay (Vladivostok), water quality and the ways of pollutant input into the river and further on to the bay. Plants that dispose polluted industrial and domestic waste polluted waters are listed. The waste waters pollutants quantity and proportion are described.

Одним из факторов, оказывающих значительное влияние на состояние вод бухты Золотой Рог, признанной самой грязной в России [1], является единственная, впадающая в бухту, р. Объяснения, водосборная площадь которой составляет почти 50 % от водосборной площади бухты (рис.1), и принимающая сточные воды ряда предприятий, отводящих свои стоки преимущественно без очистки, либо недостаточно очищенные. Максимальное количество большей части загрязняющих веществ (ЗВ) в р. Объяснения сбрасывает КГУП «Приморский Водоканал» (табл. 1), отводящий сточные воды в объеме 3,45 млн м³ в год по 8 выпускам.

На протяжении многих лет в водах бухты в районе устья р. Объяснения отмечаются максимальные концентрации различных ЗВ, превышающих ПДК. Здесь же неоднократно наблюдалось сероводородное загрязнение донных осадков, наихудшая аэрированность вод как в поверхностных, так и в придонных слоях [2, 3], что, по-видимому, связано с значительным загрязнением вод реки.

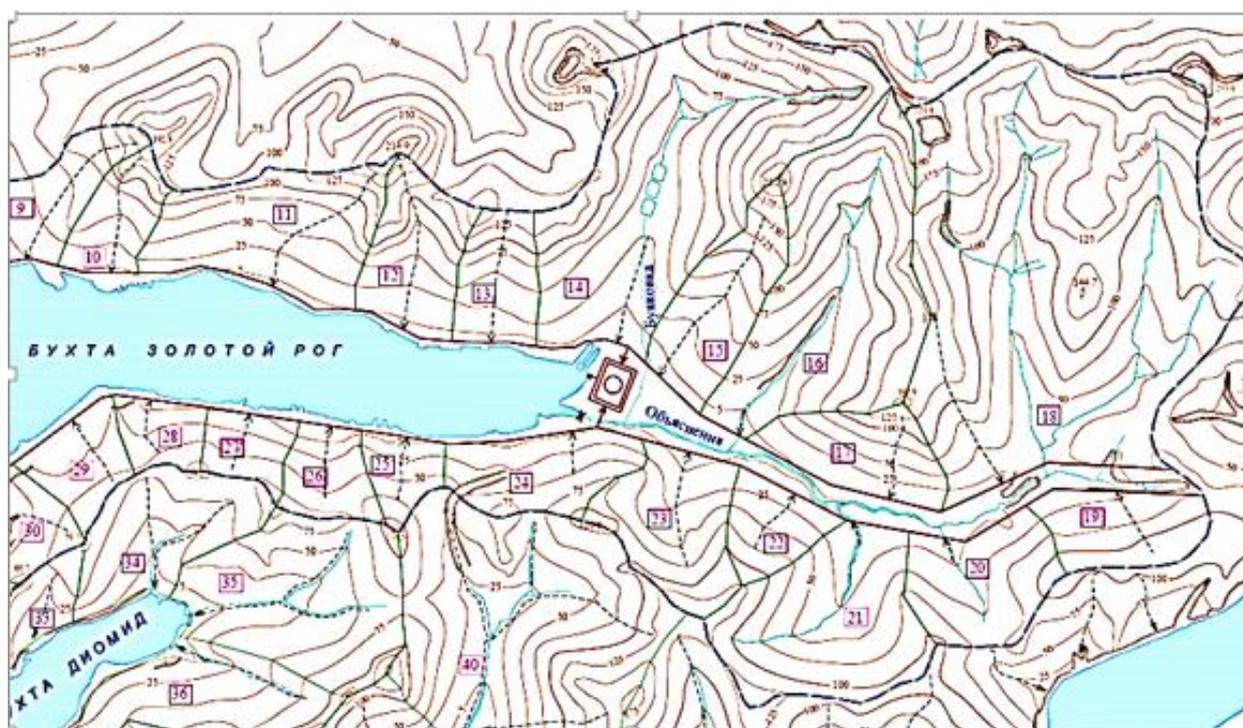


Рис. 1. Схема гидрографической сети бухты Золотой Рог.

Таблица 1. Сброс загрязняющих веществ в р. Объяснения предприятиями-водопользователями в 2015 г. [4]

| Ингредиенты | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| БПК _{пол} | Взвешенные вещества | НУ | Фосфаты | НН ₄ по N | NO ₃ по N | NO ₂ по N | Фенолы | СПАВ | Железо раств. | Медь | Цинк | |
| Т мг/дм ³ | Т мг/дм ³ | Т мг/дм ³ | Т мг/дм ³ | Т мг/дм ³ | КГ мг/дм ³ |
| Владивостокская ТЭЦ-2 (188829,78 тыс. м³/год – СД, 188340,65 б/о (99,74 %), 489,13-недостаточно очищенные (0,26 %) | | | | | | | | | | | | |
| 321,209 | 239,932 | 1,308 | 0,06 | 0,229 | – | – | 60,778 | 12,984 | 38992,7 | 0,192 | 0,934 | |
| 1,70 | 1,27 | 0,01 | 0,0003 | 0,0012 | – | – | 0,0003 | 0,0001 | 0,206 | 0,000001 | 0,000005 | |
| Концентрация ЗВ морской воды из Уссурийского залива | | | | | | | | | | | | |
| 2,44 | 3,50 | 0,05 | 0,011 | 0,046 | - | - | 0,0008 | 0,04 | 0,117 | 0,0007 | 0,007 | |
| КГУП «Владивостокский водоканал», 3449,45 тыс. м³/год – б/о (100 %) | | | | | | | | | | | | |
| 599,05 | 330,679 | 2,776 | 10,275 | 59,961 | - | - | 81,015 | 4325,3 | 2641,56 | 25,76 | 70,99 | |
| 173,7 | 95,9 | 0,805 | 2,98 | 17,38 | - | - | 0,023 | 1,254 | 0,766 | 0,0075 | 0,021 | |
| ООО «Мазда СолерсМануфэкчурингРус» (12,9 тыс. м³/год – СК (недостаточно очищенные – 100 %) | | | | | | | | | | | | |
| 0,05 | 0,09 | - | 0,06 | 0,36 | 164,57 | 171,93 | 0,04 | 1,14 | 2,06 | - | - | |
| 3,88 | 6,98 | - | 4,65 | 27,91 | 12,76 | 13,33 | 0,0031 | 0,088 | 0,160 | - | - | |

Исследования, проведенные ФГБУ «ДальНИИВХ» в ноябре 2016 г., также свидетельствуют о низком качестве вод р. Объяснения, особенно в ее нижнем течении, где отмечены превышения ПДК для многих ЗВ (табл. 2).

Таблица 2. Качество вод р. Объяснения в верхнем и нижнем течении

| Наименование показателей | Единица измерений | ПДК _{рх} | Место отбора проб | | |
|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | | | В районе сброса ВТЭЦ-2 | В месте падения ручья Буяковка | Устье р. Объяснения |
| Окраска | | | Бесцветная | Светло-серая | Светло-серая |
| Запах | | | Отсутствует | Слабый фекальный | Слабый специфический |
| Кислород растворенный | мг/дм ³ | Зимой – 4,0; Летом – 6,0 | 10,25 | 8,67 | 7,99 |
| Взвешенные вещества | мг/дм ³ | 10 | 8,55 | 9,65 | 5,75 |
| БПК ₅ | мг/дм ³ | 3,0 | 0,79 | 3,51 | 3,03 |
| ХПК | мг/дм ³ | 15,0 | 89,1 | 102,8 | Не опр. |
| Аммоний-ион (по N) | мг/дм ³ | 0,4 | 0,12 | 0,69 | 1,81 |
| Нитрит-ион (по N) | мг/дм ³ | 0,02 | 0,020 | 0,14 | 1,93 |
| Нитрат-ион (по N) | мг/дм ³ | 9,0 | 0,12 | 0,21 | 0,205 |
| Фенолы летучие | мг/дм ³ | 0,001 | 0,0016 | 0,0018 | <0,001 |
| АПАВ | мг/дм ³ | 0,1 | 0,013 | 0,094 | Не опр. |
| Нефтепродукты | мг/дм ³ | 0,05 | 0,1 | 0,006 | 0,086 |
| Марганец | мкг/дм ³ | 50,0 | 4,9 | 22,0 | 46,5 |
| Железо растворенное | мг/дм ³ | 0,05 | 0,071 | <0,05 | 0,07 |
| Цинк | мкг/дм ³ | 50,0 | 14,0 | 25,0 | 26,0 |
| Медь | мкг/дм ³ | 5,0 | 2,3 | 6,2 | 2,3 |
| Свинец | мкг/дм ³ | 10,0 | 0,47 | 1,8 | 0,44 |

Загрязняющие вещества поступают в реку не только с коммунальными и производственными сточными водами, но, в значительной степени, и с ливневыми стоками с территорий предприятий и города. Причем с территории отдельных предприятий с ливневыми сточными водами ЗВ сбрасывается больше, чем по системам канализации (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика отводимых ООО «Солерс-Дальний Восток» в р. Объяснения сточных вод в 2013 г. [5]

| Выпуск | Объем сброса сточных вод тыс. м ³ /год | БПК | Взвешенные вещества | Фосфаты | Аммоний-ный азот | Нитраты | Фенолы | СПАВ | Железо растворенное. | Медь | Цинк | Нитриты |
|----------|---|-------------|---------------------|-------------|------------------|--------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | полн. | а | а | а | а | а | а | а | а | а | а |
| | | т | т | т | т | кг | кг | кг | кг | кг | кг | кг |
| СК | 11,79 | 0,86 | 0,29 | 0,05 | 0,42 | 13,62 | 0,05 | 3,49 | 7,02 | 0,00 | 0,00 | 5,13 |
| ЛВ | 5,30 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,25 | 0,48 | 0,03 | 0,05 | 0,00 |
| ЛВ | 33,95 | 0,08 | 0,20 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,22 | 4,13 | 10,59 | 0,28 | 1,63 | 0,00 |
| Всего ЛВ | 39,25 | 0,08 | 0,22 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,23 | 4,38 | 11,07 | 0,31 | 1,68 | 0,00 |
| Сумма | 51,04 | 0,94 | 0,51 | 0,05 | 0,47 | 13,62 | 0,28 | 7,87 | 18,09 | 0,31 | 1,73 | 5,13 |

Примечание: СК – канализационные, ЛВ – ливневые сточные воды.

На качество вод р. Объяснения, наряду со стоками названных предприятий, оказывает влияние ее приток – ручей Буяковка, принимающий хозяйственно-бытовые и ливневые воды с территории прилегающего жилого микрорайона и парка Минного городка (рис. 2).

При этом уровень загрязнения воды в ручье Буяковка, согласно [6], соответствует высокому загрязнению (ВЗ) по содержанию фенолов (33 ПДК), а по концентрации аммонийного азота (55 ПДК) и легко окисляемых органических веществ (по БПК₅) – экстремально высокому (ЭВЗ), т. к. значение БПК превышает 40 мг/дм³. В результате в р. Объяснения в месте впадения ручья поступают сильно загрязненные хозяйственно-бытовые и ливневые стоки (табл. 4), значительно отличающиеся от более чистых вод реки.



Рис. 2. Пруды парка Минного городка, расположенные на ручье Буяковка.

В ноябре 2016 г. ДальНИИВХ были проведены исследования с целью установления воздействия р. Объяснения на состояние вод бухты Золотой Рог. Пробы морской воды отбирались дважды на семи станциях, расположенных на различном удалении от устья р. Объяснения (рис. 3) и частично совпадающих с точками отбора ОГСН «Примгидромет».

Результаты исследований, представленные на рис. 4, подтверждают отрицательное влияние реки на качество морской воды в бухте. Чем ближе точка отбора проб к устью реки, тем больше концентрация представленного на рисунке загрязняющего вещества. Соответственно увеличивается концентрация растворенного кислорода по мере удаления точки отбора проб от устья реки.

Воды р. Объяснения оказывают влияние и на тепловой режим бухты, поскольку подогретые морские воды, взятые из Уссурийского залива (в результате охлаждения агрегатов Владивостокской ТЭЦ-2, расположенной в верховьях реки), сбрасываются в реку Объяснения, что, с одной стороны, предотвращает замерзание бухты, улучшая условия судоходства и судоремонта, с другой – оказывает тепловое загрязнение и значительно ухудшает экологическое состояние реки и бухты [7, 8].



Рис. 3. Схема расположения станций отбора проб морской воды из бухты Золотой Рог: 1 – устье р. Обьяснения; 2 – 0,3 км от устья; 3 – 1,5 км от устья; 4 – 3,2 км от устья; 5 – 5,7 км от устья; 6 – 7,3 км от устья (фоновая); 7 – 6,4 км от устья.

Таблица 4. Состояние вод ручья Буяковка в верхнем и нижнем течении (средние за 15 и 18 ноября 2016 г.)

| Наименование показателей | Единица измерений | ПДК | Пруд | Устье |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|-----------|
| Окраска | | | светло-серая | серая |
| Запах | | | отсутствует | фекальный |
| Кислород растворенный | мг/дм ³ | Зимой-4,0; Летом- 6,0 | 14,0 | 3,34 |
| Взвешенные вещества | мг/дм ³ | Фон + 0,25 мг | 10,6 | 101,0 |
| ХПК | мг/дм ³ | 15,0 | 11,32 | 139,35 |
| БПК ₅ | мг/дм ³ | 2,0 | 1,52 | 69,05 |
| Аммоний-ион (по N) | мг/дм ³ | 0,4 | 0,16 | 22,05 |
| Нитрит-ион (по N) | мг/дм ³ | 0,02 | 0,034 | 0,039 |
| Нитрат-ион (по N) | мг/дм ³ | 9,0 | 4,28 | 0,6 |
| Фенолы летучие | мг/дм ³ | 0,001 | <0,001 | 0,033 |
| АПАВ | мг/дм ³ | 0,1 | 0,051 | 0,353 |
| Нефтепродукты | мг/дм ³ | 0,05 | 0,031 | 0,595 |
| Марганец | мкг/дм ³ | 50,0 | 24,0 | 84,0 |
| Железо растворенное | мг/дм ³ | 0,05 | 0,1 | 0,11 |
| Медь | мкг/дм ³ | 5,0 | 2,85 | 4,15 |

На рис. 5 показано влияние вод р. Обьяснения, подогретых сбросами ВТЭЦ-2, на температуру воды бухты. Как видно, температура воды водоема даже в холодный период года изменяется от +13°С в районе устья реки до 1,0 – 1,5°С – в корневой части бухты.

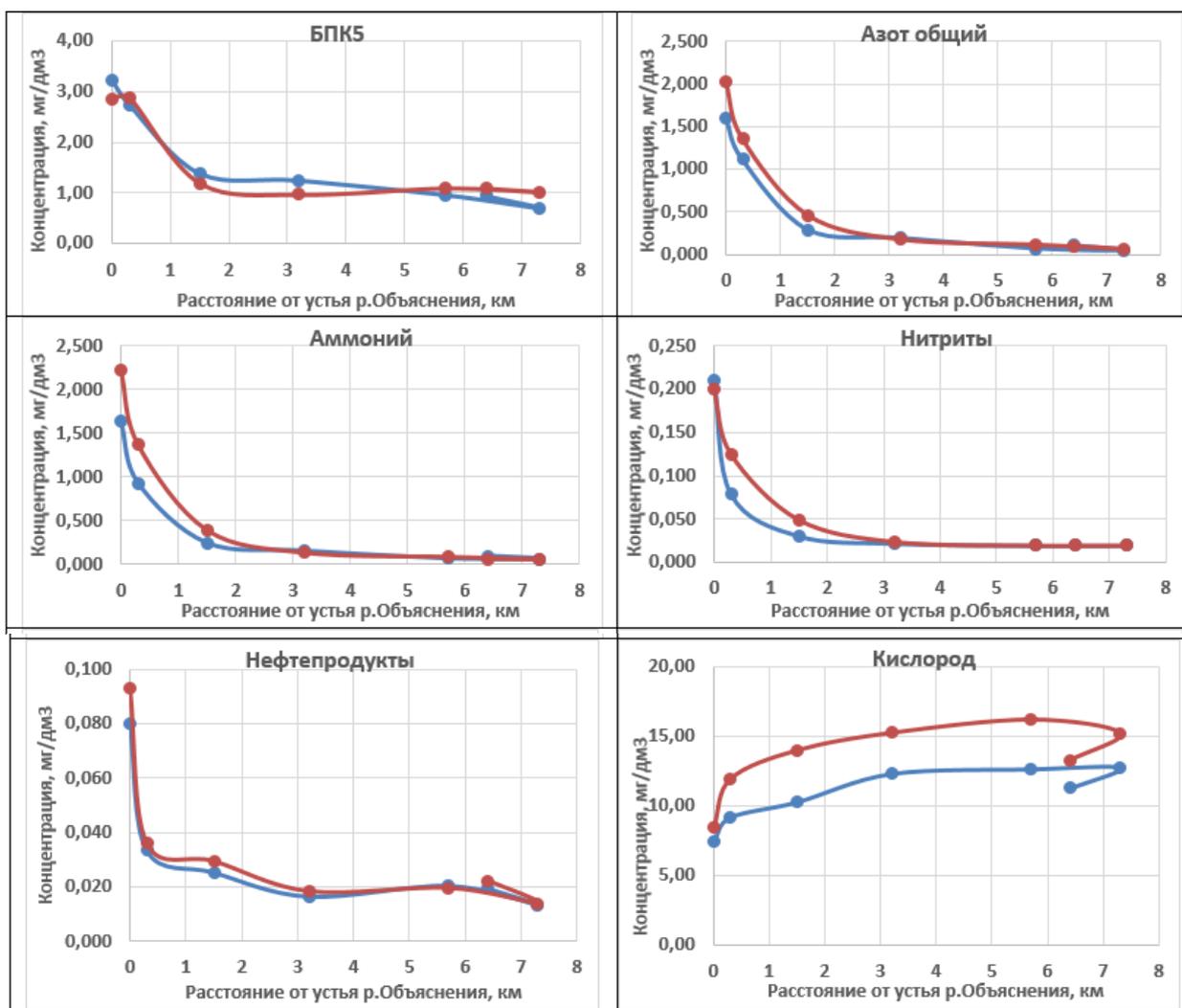


Рис. 4. Изменение концентрации загрязняющих веществ в воде бухты Золотой Рог по мере удаления от устья р. Обьяснения: синяя линия – 15.11.2016; красная – 18.11.2016.

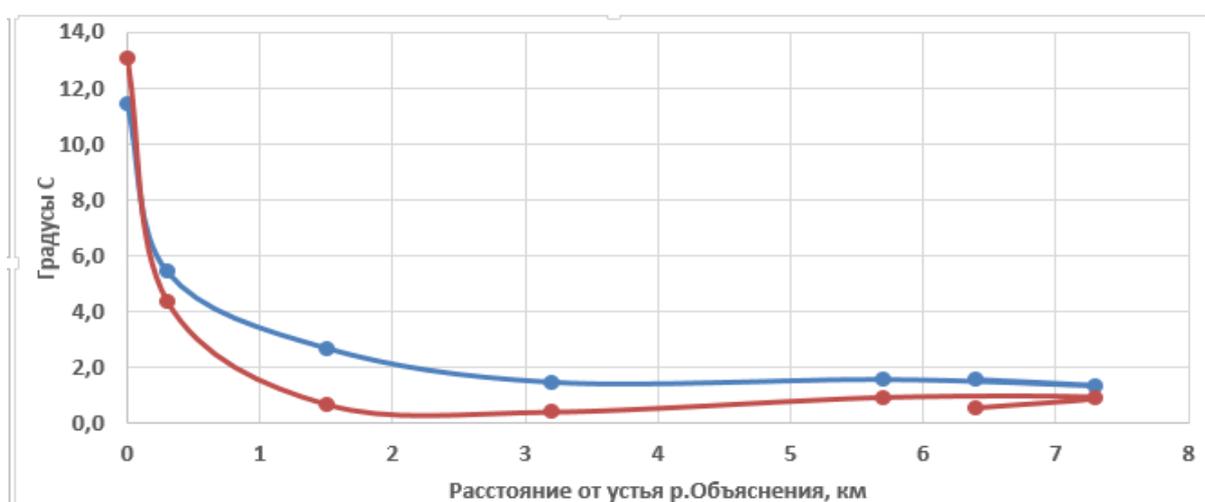


Рис. 5. Изменение температуры воды в бухте Золотой Рог по мере удаления от устья р. Обьяснения (обозначения те же, что и на рис. 4).

Таким образом, р. Объяснения как приемник производственных и коммунально-бытовых стоков, можно считать одним из основных источников загрязнения бухты Золотой Рог. Кроме вышеизложенного, согласно анализа материалов [4, 5] следует отметить, что этой рекой в бухту выносятся около четверти массы таких загрязняющих веществ, как взвешенные вещества, фосфаты, СПАВ, медь, цинк; около половины нефтепродуктов и более 90 % нитратов и железа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росгидромет: бухта Золотой Рог у Владивостока – самая грязная в РФ // РИА Новости <http://ria.ru/vl/20131203/981655717.html#ixzz418g7rYvJ>.
2. Доклад Администрации Приморского края об экологической ситуации в Приморском крае в 2014 году. Владивосток, 2015 г.
3. Доклад Администрации Приморского края об экологической ситуации в Приморском крае в 2015 году. Владивосток, 2016 г.
4. Обобщенные показатели использования воды по форме № 2-ТП(водхоз) за 2015 год по зоне деятельности Отдела водных ресурсов по Приморскому краю. Владивосток: ФАВР РФ, АБВУ, 2016.
5. Обобщенные показатели использования воды по форме № 2-ТП (водхоз) за 2011–2014 годы по зоне деятельности Отдела водных ресурсов по Приморскому краю. Владивосток: ФАВР РФ, АБВУ, 2015.
6. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Методические указания. Росгидромет. М. 2004. 21 с.
7. С. Бабко, Станов Р. Бухта Золотой рог на грани экологической катастрофы.//Дальневосточное бюро «ТВ Центра», Владивосток. 2013. Режим доступа: <http://www.tvc.ru/news/show/id/26641/slider>.
8. Приморские эксперты о Золотом Роге: «У семи нянек бухта в грязи». Режим доступа: <https://ria.ru/vl/20131204/981747762.html>.

Сведения об авторах:

Бортин Николай Николаевич, д-р геогр. наук, директор Дальневосточного филиала (ДальНИИВХ), ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153; e-mail: iwf@vlad.ru.

Крапивенцев Николай Владимирович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, отдел мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153.

Горчаков Анатолий Михайлович, канд. геогр. наук, заведующий отделом моделирования гидрологических процессов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153.

Белевцов Александр Александрович, заведующий отделом мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153.

Дьяченко Константин Николаевич, старший научный сотрудник, отдел мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ
В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ УФА**

Валитов С.А., Хафизов А.Р.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал (БашНИИВХ), г. Уфа, Россия
bashniivh@mail.ru

Ключевые слова: водосбор, нижнее течение, посадка, просадка, водозабор, техногенные факторы, р. Уфа.

В рамках научных исследований водного режима и русловых процессов реки Уфа в районе г. Уфа за период 2015–2016 гг. рассмотрены вопросы экологического состояния и хозяйственного использования участка реки, а также современные тенденции развития русловых процессов и проблемы водообеспечения города.

THE UFA RIVER LOWER REACH CURRENT STATUS AND PROBLEMS

Valitov S. A., Khafizov A.R.

RosNIIVKh Bashkir Branch, Ufa, Russia
bashniivh@mail.ru

Key words: catchment, lower reach, recession of water level, water intake, technogenic factors.

Within the framework of the Ufa River water regime and channel processes in the area of the city of UFA in 2015-2016 some issues of this reach ecological status and economic use, as well as current trends in the channel processes development and the Ufa water supply problems have been discussed.

В условиях нарастания масштабов хозяйственной деятельности человека сформировались процессы существенной деградации природных комплексов как в целом, так и на водных объектах, в частности [1]. Деградация водных объектов проявляется, в первую очередь, в виде значительных русловых деформаций, размывов дна и берегов [2].

Река Уфа – самый крупный правобережный приток р. Белая протяженностью 980 км, водосборной площадью бассейна 53,1 тыс. км². Река протекает по горнолесной зоне Челябинской, Свердловской областей и далее – по лесной зоне Уфимского плато Республики Башкортостан. Река Уфа впадает в р. Белую выше г. Уфы на 487 км от ее устья.

Естественный гидрологический режим р. Уфа, ниже створа с. Павловка, (нижнее течение) существенно изменился после строительства гидроузла Павловского водохранилища в 1958 г. в 170 км от устья реки. Полный объем водохранилища – 1411 млн м³, полезный – 952 млн м³, максимальный напор – 32,9 м. Гидроузел водохранилища обеспечивает сезонное, недельное и суточное регулирование стока р. Уфа, аккумулируя до 16 % стока весеннего половодья [3].

В настоящее время систематические наблюдения за уровнем и ледовым режимами в нижнем течении р. Уфа проводятся на гидрологическом посту «Шакша» ФГБУ «БашУГМС», расположенном в 35 км от устья реки. По наблюдениям, начиная с 1959 г., отмечается понижение минимальных меженных уровней р. Уфа с 212 см до 71 см над «нулем поста» в 2010 г., когда был зафиксирован «исторический» минимум уровней.

Причинами понижения уровней воды являются как природные, так и техногенные процессы. Высокая степень освоения пойменной части, усиленное водопотребление, водоотведение и регулирование стока, добыча ПГС, путевые дноуглубительные работы,

строительство искусственных сооружений (мостов, причалов, подводных переходов трубопроводов) становятся причиной эрозии дна и деформации берегов, вызывая понижение уровня воды. Такое понижение уровня воды называют «посадкой» или «просадкой».

Суммарная посадка уровней в период 1965–2000 гг. по гидрологическому посту Уфа (р. Белая), согласно данным отчета «Исследование русловых процессов на примере реки Белой для обоснования методов оптимизации путевых и добычных работ» (МГУ, 2000 г.), составила 150 см. Предполагается, что начиная с 1960 г. по настоящее время происходит посадка уровней рек Белая и Уфа в районе г. Уфа в среднем на 3–5 см в год. Но полномасштабные комплексные исследования посадки уровней реки Уфа в районе г. Уфа после 2000 г. не проводились.

Поэтому Башкирским филиалом РосНИИВХ в рамках государственного задания с 2016 г. начато выполнение научно-исследовательской работы «Исследование водного режима и русловых процессов участков реки Уфа в районе г. Уфа, разработка научно-обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению русловых деформаций и снижению размывов дна и берегов». В течение трех лет планируется проведение комплексных исследований по изучению современного экологического состояния и хозяйственного использования, расходно-уровневого и наносного режимов, развития эрозионных и русловых процессов р. Уфа в районе г. Уфа.

Целью работы является улучшение водохозяйственной обстановки по водообеспечению промышленных и питьевых водозаборов, расположенных на р. Уфа в районе Уфы. Для этого поставлены следующие задачи:

- оценка современного состояния участков р. Уфа в районе г. Уфа с составлением их прогнозной характеристики, продольных и поперечных профилей;
- оценка гидравлических характеристик р. Уфа в районе водозаборов при различных колебаниях водности реки в районе г. Уфа;
- оценка гидрологических характеристик и закономерностей колебания стока р. Уфа по данным многолетних наблюдений;
- оценка параметров русловых процессов, транспорта наносов и деформации русла в местах расположения водозаборов, современной динамики посадки уровней, суммарного годового стока руслообразующих наносов;
- разработка мероприятий по предотвращению русловых деформаций и снижению размывов дна и берегов.

Современное состояние нижнего течения р. Уфа в районе г. Уфы

При анализе данных многолетних наблюдений с 1958 по 2016 годы за высшими уровнями воды весеннего половодья и минимальными меженными уровнями р. Уфа в створе гидрологического поста «Шакша», прослеживается явно выраженный тренд устойчивого снижения уровней, средний темп которого составляет 1,5–3,4 см в год (рис. 1, 2).

Причинами снижения уровней воды могут быть как природные (климатические) – уменьшение водности реки, так и техногенные факторы – явление посадки уровней. Снижение меженных уровней реки влечет за собой ряд отрицательных последствий: происходит размыв дна и ухудшение условий судоходства, понижается устойчивость различных искусственных сооружений (мостов, подводных переходов, причалов), уменьшается репрезентативность данных гидрологических наблюдений, затрудняется работа поверхностных водозаборных сооружений.

Последнее вызывает серьезные трудности для водоснабжения таких крупных предприятий, как Уфимская ТЭЦ-2 «БГК» и МУП ПО ЭВКХ «Уфаводоканал» (водопотребление соответственно 135615,26 и 50490,78 тыс. м³ в год), которые являются не только крупными промышленными производителями, но и обеспечивают социальные нужды миллионной Уфы.

Гидрологическая ситуация на р. Уфа осложняется продолжающимся с 2007 г. маловодным периодом. В данный период собственники водозаборных сооружений оказались в критической ситуации, когда существовала возможность остановки водоснабжения крупных предприятий нефтехимического комплекса, значительного ухудшения качества

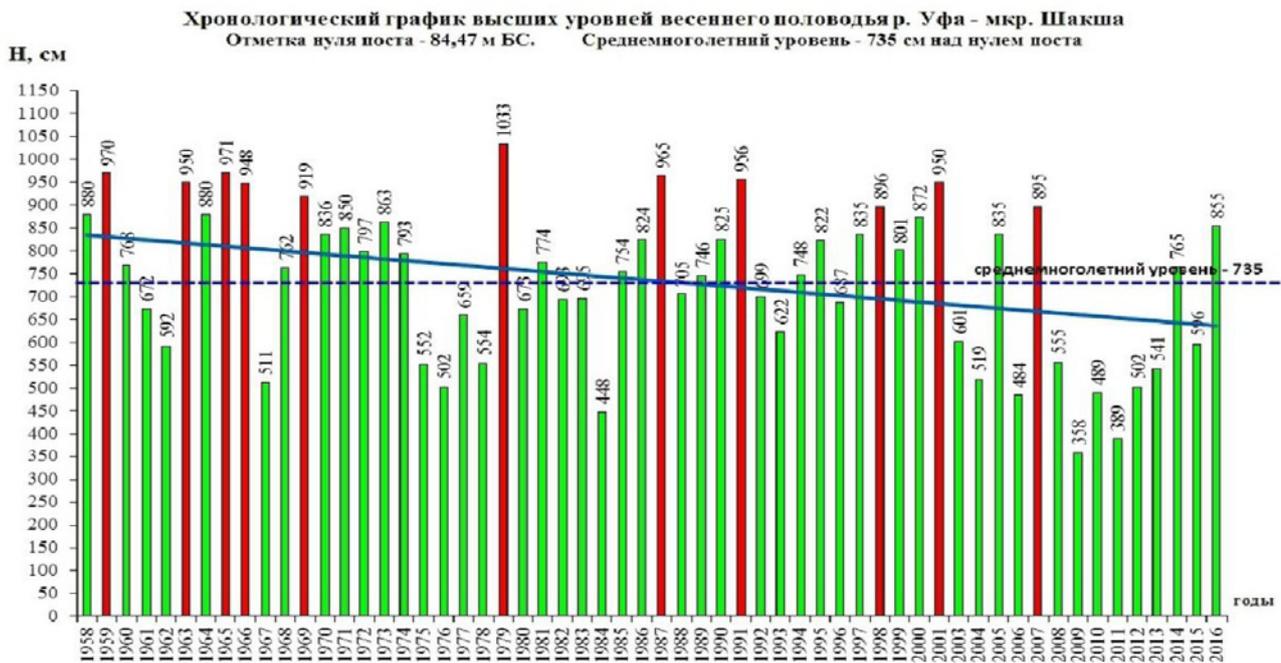


Рис. 1. Хронологический график высших уровней весеннего половодья р. Уфа в районе г. Уфы.



Рис. 2. Хронологический график минимальных межениных уровней воды р. Уфа в районе г. Уфы.

воды, поставляемой питьевыми водозаборами города. При этом общая тенденция малой водности бассейна р. Белой вполне может сохраниться и в будущие годы.

В условиях понижения меженных уровней резко ухудшилось использование мобильного флота на транзитных и местных перевозках, уменьшилась загрузка сухогрузных барж до 60–70 % по р. Белая. В 2009 г. было закрыто судоходство по р. Уфа, а в 2012–2013 годы – по р. Белая до г. Бирска.

Понижение уровней приводит и к размыву путепроводов, проходящих по дну рек. Последняя серьезная авария произошла в 1995 г. на р. Белая в районе г. Уфа на нефтепроводе Дон-2, когда в реку попало до 1200 тонн нефтепродуктов.

Уменьшение водности р. Уфа приводит и к ухудшению качества питьевого источника для жителей Уфы. По данным наблюдений ФГБУ «Башкирское УГМС» за качеством поверхностных вод, за последние пять лет произошло ухудшение качества воды в р. Уфа у г. Уфа по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) с 3-го класса разряда «б» (очень загрязненная) в 4-й «а» («грязная»). Характерные загрязняющие вещества: ХПК, медь, марганец, фенолы, нефтепродукты.

К основным техногенным факторам, вызывающим посадку уровней, относится процесс добычи ПГС, который заключается в существенном преобразовании формы поперечного сечения русла и руслового рельефа в ходе безвозвратного удаления грунта и глубинной эрозии. Кроме того, причиной трансформации русла, сопровождающей добычу ПГС, является нарушение стоков наносов. Карьеры «перехватывают» значительную часть стока русловых наносов, что приводит к эрозии дна не только ниже по течению эрозии, но и развитию эрозии выше карьера, т. к. увеличиваются местные уклоны и скорость течения.

Влияние на посадку уровней оказывают и путевые работы. Они включают землечерпательные прорезы на перекатах и строительство выправительных сооружений. Годовые объемы землечерпательных работ в последние 15 лет составляют на участке г. Уфа – г. Бирск от 1,4 до 4,0 млн м³. При этом они неравномерно распределены по длине р. Белая и по времени. Наибольшие изменения, связанные с эрозией дна и изменением уровня режима, произошли на участках длиной 80–90 км ниже г. Уфа.

Правительством Республики Башкортостан в 2004 г. Распоряжением №141-р от 01.03.2004 был утвержден план мероприятий «Меры по обеспечению оптимальной водности рек в маловодные периоды», где планировалось проведение научно-исследовательских, проектно-изыскательских работ по изучению процесса посадок уровней рек Белая и Уфа, но из-за отсутствия финансирования они не были выполнены. Начатая БашНИИВХ научно-исследовательская работа базируется на задачах, сформулированных вышеуказанным Распоряжением, и фактически является первым этапом выполнения намеченных мероприятий.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в нижнем течении реки Уфа у г. Уфа в последние десятилетия отмечаются значительные русловые деформации, размывы дна и берегов, негативно влияющие на водохозяйственную обстановку, прежде всего – на стабильную работу водозаборных сооружений.

С целью разработки мероприятий по предотвращению русловых деформаций и снижению размывов дна и берегов р. Уфа у г. Уфа Башкирским филиалом ФГБУ РосНИИВХ (БашНИИВХ) начата научно-исследовательская работа «Исследование водного режима и русловых процессов участков реки Уфа в районе г. Уфа, разработка научно-обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению русловых деформаций и снижению размывов дна и берегов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хафизов А.Р.*, Экологическая трансформация инфраструктуры водосборов Западного Башкортостана // Проблемы региональной экологии. 2009. № 6. С. 9–13.
2. *Гареев А.М.* Основные характеристики ускоренного развития эрозионных процессов, их экологические и экономические последствия // Актуальные проблемы географии и геоэкологии. Уфа:РИЦ БашГУ, 2010. 192 с.
3. *Хафизов А.Р.* О разработке Правил использования водохранилищ (на примере водохранилищ Республики Башкортостан) / Мат-лы всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2014. С. 457–462.

Сведения об авторах:

Валитов Салават Альмирович, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, (БашНИИВХ), Россия, Республика Башкортостан, 450097, г. Уфа, ул. Бессонова, 27; e-mail: bashniivh@mail.ru

Хафизов Айрат Райсович, д-р техн. наук, директор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, (БашНИИВХ), Россия, Республика Башкортостан, 450097, г. Уфа, ул. Бессонова, 27; e-mail: bashniivh@mail.ru

**ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
В ПРЕДЕЛАХ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ БЕЛАЯ
(НА ПРИМЕРЕ НИЗОВЬЕВ РЕКИ ДЕМА)**

Гареев А.М.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, Россия

Хафизов А.Р.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал (БашНИИВХ), г. Уфа, Россия
hydroeco@mail.ru

Ключевые слова: русловые деформации, течение, антропогенные факторы, ущерб, предотвращение.

Представлены основные характеристики развития русловых деформаций притоков р. Белая в ее среднем течении. Показано, что русловые процессы в пределах изучаемой территории происходят в зависимости от влияния большой совокупности естественных и антропогенных факторов. В отличие от правобережных притоков, водосборы которых преимущественно располагаются в пределах западных склонов Южного Урала, для левобережных притоков Ашкадар, Уршак, Дема и др. характерны вертикальные и горизонтальные перемещения русел. Это происходит как в зависимости от влияния высокой степени освоенности их водосборов хозяйственной деятельностью человека, так и процессов вертикального врезания русла р. Белая, играющего роль местного базиса эрозии. На примере нижнего течения р. Дема представлены материалы полевых наблюдений, а также расчетов по оценке интенсивности, направления перемещения и наносимого ущерба населенным пунктам и хозяйственным объектам. В результате проведенного исследования обоснованы рекомендации по предотвращению наносимых ущербов в настоящее время и ближайшей перспективе.

**MAIN TENDENCIES OF THE CHANNEL DEFORMATIONS DEVELOPMENT WITHIN
THE MIDDLE PART OF THE BELAYA RIVER BASIN
(LOWER REACHES OF THE DYOMA RIVER AS AN EXAMPLE)**

Gareyev A. M.

Bashkir State University, Ufa, Russia

Khafizov A.R.

RosNIIVKh Bashkir Branch, Ufa, Russia

hydroeco@mail.ru

Keywords: channel deformations, flow, anthropogenic factors, damage, prevention.

The article deals with the main characteristics of development the channel deformations of the Belaya River inflows in its mid-part. That channel processes within the studied territory occur in dependence on a number of natural and anthropogenic factors. In contrast with the right-side inflows with their catchments mostly located within the South Ural Mountains Western slopes, for the left-side tributaries like the Ashkadar, Urshak, and Dyoma vertical and horizontal bed displacements are typical. It caused by both high degree of economic development on the catchments and processes of vertical incision of the bed of the Belaya River playing the role of the local erosion basis. The field observations and calculations of the Dyoma River lower reach displacements intensity/direction and potential damage assessment have provided the material for recommendations on prevention of the damages both at present and in future.

Русловые процессы, происходящие на реках различной категории, развиваются в результате влияния большой совокупности естественных и антропогенных процессов. В то же время, в бассейнах рек, расположенных в пределах тех или природных зон, в зависимости от преимущественного влияния антропогенных факторов и общей освоенности речных водосборов можно достаточно четко обнаружить тенденции активного развития вертикальных и горизонтальных деформаций русел рек, которые в настоящее время требуют необходимости детального изучения. Это обусловлено тем, что русловые процессы, участвующие в формировании общих закономерностей флювиального рельефообразования, сопровождаются совершением большого разрушающего действия, являются причиной формирования негативных хозяйственно-экономических и экологических последствий.

Характерной особенностью среднего течения р. Белая является то, что здесь достаточно отчетливо проявляется дифференциация в пространстве совокупного влияния естественных и антропогенных факторов в зависимости от их приуроченности к правобережным и левобережным притокам. Так, многочисленные правобережные притоки – Зиган, Зилим, Сим, и другие – берут начало в пределах склонов западных хребтов Южного Урала. В пределах их бассейнов в условиях резкой пересеченности местности и выхода на поверхность коренных пород хозяйственная освоенность водосборов незначительная. В соответствии с вышесказанным, до настоящего времени здесь сохранилась высокая лесистость, достигающая до 38–55 % и более. Гидрологический режим рек, в т. ч. и внутригодовое распределение стока близки к естественным, что, соответственно, отражается в развитии русловых процессов без каких-либо существенных отклонений от нормальных темпов развития.

В отличие от указанных рек, бассейны левобережных притоков (реки Ашкадар, Сухайля, Уршак, Дема и др.) расположены в пределах равнинного Предуралья, где развиты лесостепные и, отчасти, степные ландшафты. Исторически сложилось так, что обширное пространство Предуралья характеризуется довольно интенсивной освоенностью водосборов. Как показывают материалы наших продолжительных наблюдений, наиболее широкомасштабное влияние антропогенных факторов здесь происходило в 1950–1965 гг. Главным образом это было связано с освоением целинных и залежных земель, а также вырубками лесов в целях расширения площадей сельскохозяйственных угодий [1–4].

Последующая трансформация склонового стока стала причиной не только ускоренного развития эрозионных процессов на речных водосборах (на пастбищах, пашне, селитебных территориях и др.), но и обусловила активизацию русловых деформаций, которую можно отчетливо обнаружить на основании сопоставления картографических материалов и космоснимков за различные периоды [5, 6].

Кроме указанных факторов, следует выделить значимость влияния и такого процесса, как чрезмерная добыча песчано-гравийной смеси из русла р. Белая в пределах изучаемой территории и пойменных участков. Она способствовала формированию другой группы антропогенных факторов, способствующих активизации русловых деформаций не только на самой р. Белая, но и многочисленных притоках. Так, в течение последних десятилетий произошло снижение базиса эрозии главной реки на указанном участке в пределах 0,8 – 1,2 м. Оно является причиной последующего простиранья эрозионного вреза вдоль притоков от их устья вверх по течению на значительном расстоянии.

Это отчетливо проявляется на одном из наиболее крупных левобережных притоков р. Белая – р. Дема. Так, р. Дема протекает в пределах Оренбургской области (в верховьях) и Республики Башкортостан. Площадь ее водосбора в устье составляет 12 800 км² при длине водотока, равной 535 км, из которых 420 км находятся в границах Башкортостана. Бассейн реки охватывает Чишминский, Удрякский, Тяттерский, Придемский и Аксаковский физико-географические районы с гидротермическим коэффициентов Селянинова 0,85 – 1,15 и степенью увлажнения по Иванову 0,5 – 0,8. [7] Территория бассейна в геологическом отношении характеризуется верхнепалеозойскими отложениями, из которых на поверхности

выступают почти исключительно пермские осадочные толщи. По рельефу бассейн реки лежит на юго-восточном склоне Русской равнины; северо-западная, западная части – на Татарском своде, и лишь Федоровский и Стерлибашевский районы приурочены к Оренбургскому своду. Климат – континентальный. Почвы представлены типичными карбонатными черноземами, темно-серыми лесными почвами. Берега сложены глинисто-суглинистыми и суглинисто-песчаными грунтами. Река преимущественно снегового питания, отличается хорошо выраженным весенним половодьем, более слабым осенним подъемом от дождей и относительно устойчивыми зимними уровнями [8].

В хозяйственном отношении водные ресурсы бассейна реки используются интенсивно. На развитие эрозионных и русловых процессов значительно, как было показано ранее, влияют антропогенные факторы. Анализ хозяйственной деятельности свидетельствует о том, что в активизации русловых деформаций значительную роль играет добыча ПГС. Так в пойме долины реки в пределах Республики Башкортостан из зарегистрированных месторождений песчано-гравийной смеси в течение продолжительного времени разрабатывалось Саршевское месторождение ПГО. Суммарная добыча ПГО составила 595 тыс. м³. Второе место по уровню значимости влияния на русловые процессы приходится на мостовые переходы, а также небольшие ГТС и попытки крепления берегов хозяйственным способом и др. Местами наблюдается сужение реки, увеличивающее скорости движения воды и разрушающую способность водных потоков; отсутствие кустарников и древесной растительности вдоль береговой линии.

Наиболее интенсивное развитие русловых процессов, сопровождающееся горизонтальными перемещениями берегов и формированием риска разрушений домов, хозяйственных и иных построек, наблюдается в пределах нижнего течения реки (рисунок). Здесь расположены сельские поселения Новомихайловка, Лекаревка, Глумилино, Тапыково и Нижегородка. В условиях подробного изучения основных закономерностей развития русловых процессов и прогнозной оценки ущерба, наносимого населенным пунктам, исследования проводились в 2015 г. сотрудниками Башкирского филиала РосНИИВХ совместно с кафедрой гидрологии и геоэкологии БашГУ. Цель исследования, кроме указанных показателей, включала и разработку научно-обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и противопаводковой защите населенных пунктов.

В ходе разноплановых исследований были решены следующие задачи:

- изучены основные виды хозяйственной деятельности в бассейне реки и определена степень их влияния на развитие эрозионных и русловых процессов;
- рассчитаны характеристики речного стока (расчетные расходы, уровни и скорости воды реки) по многолетним гидрологическим данным, актуализированы на момент исследований;
- определены морфологические изменения русла по картографическим материалам и космическим снимкам разных лет;
- уточнены полученные величины русловых деформаций по данным опроса жителей и обработаны фондовые материалы местных исполнительных органов власти.

Оценка перспективного (прогнозного) положения границ воздействия максимальных русловых деформаций по рассматриваемым пунктам осуществлялось по трем независимым методам:

- сопоставления космических снимков за 2001–2013 гг.;
- сопоставления топографических карт за 1983–2011 гг.;
- выборочного опроса местных жителей и изучения фондовых материалов местных органов исполнительной власти.



Рисунок. Исследуемый участок р. Дема.

Космические снимки были подобраны высокого и сверхвысокого пространственного разрешения в различные периоды времени. Так, были проанализированы снимки за последние 40 лет среднего пространственного разрешения. Космические снимки высокого разрешения после сопоставления результатов и их корректировки были спроецированы и привязаны между собой в системе координат Пулково 42. Каждая из предоставленных картосхем трансформировалась с использованием профессиональных лицензионных программ продуктов ArcGIS, с точностью не менее 10 точек привязки для каждого растра. Топографические карты одинакового масштаба, составленные в разные годы. Опрос проводился среди местных жителей, проживающих длительное время на данной местности, по заранее разработанным опросным листам.

На основании анализа картографических материалов, обследования и проведения полевых работ были определены участки, подверженные наибольшему негативному воздействию, где происходят интенсивные эрозионные и русловые процессы. Полевые исследования (май–сентябрь) по расчетным створам включали геодезическую съемку конфигурацию береговой линии и прибрежной полосы; промеры глубин и определение уровней воды; замеры скоростей и направлений течений; определение расходов по поперечникам. По результатам инженерно-гидрографической съемки и обработки картографических материалов был разработан ГИС-проект исследованного участка реки.

Результаты исследований применительно к вышеприведенным населенным пунктам следующие:

1. Деревня Новомихайловка. Находится на значительном удалении от русла р. Дема. Общее направление деформации русла на этом участке – от д. Новомихайловка, что подтверждается всеми тремя методами расчетов и оценок (таблица). Местный размыв, выявленный по космоснимкам, наблюдается на незначительном участке и не отражает общую тенденцию направления русловых процессов.

2. Деревня Лекаревка. Опрос местных жителей показал, что в 1947 г. недалеко от р. Дема стояли еще три дома. В последующем произошел размыв берега со стороны деревни. В 1985 г. вдоль с правой стороны по течению р. Дема была проезжая дорога и стоял дом. Произошел размыв берега на расстоянии более 40 м с разрушением дома и дороги. В настоящее время береговая линия опасно близко подошла к жилым домам. Наблюдается сильное разрушение береговой линии, особенно в ходе весеннего половодья. Процесс разрушения, согласно космоснимкам, имеет тенденцию к продолжению. Существует опасность срыва в реку домов и строений. Анализ данных космоснимков и топокарт показывает усиление интенсивности русловых деформаций за последние годы (таблица).

Таблица. Сводные характеристики максимальных русловых деформаций

| № Методы | Смещение, м | Интенсивность русловых деформаций, (м/год) | Прогнозная оценка на 15 лет, м |
|----------------------------|-------------|--|--------------------------------|
| д. Новомихайловка | | | |
| Сопоставление космоснимков | 14,92 | 1,24 | - |
| Сопоставление топокарт | 4,2 | 0,23 | - |
| Опрос местных жителей | Нет | - | - |
| д. Лекаревка | | | |
| Сопоставление космоснимков | 53,6 | 4,46 | 67,0 |
| Сопоставление топокарт | 14 | 0,8 | 11,7 |
| Опрос местных жителей | 21 | 4,2 | 63,0 |
| д. Глумилино | | | |
| Сопоставление космоснимков | 3,63 | 0,3 | 4,5 |
| Сопоставление топокарт | 1,2 | 0,07 | 1,0 |
| Опрос местных жителей | нет | нет | нет |
| д. Таптыково | | | |
| Сопоставление космоснимков | 29,21 | 2,43 | 36,5 |
| Сопоставление топокарт | 17 | 1,0 | 14,2 |
| Опрос местных жителей | 20 | 1,0 | 15,0 |
| д. Нижегородка | | | |
| Сопоставление космоснимков | 46,63 | 3,88 | 58,3 |
| Сопоставление топокарт | 56 | 3,1 | 46,7 |
| Опрос местных жителей | 50 | 2,5 | 37,5 |

Максимальная прогнозируемая деформация русла за 15 лет составляет 67 м. В этих условиях происходит формирование угрозы негативного воздействия русловых деформаций на населенный пункт. Это требует необходимости обоснования и проведения мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и инженерной защите д. Лекаревка.

Таким образом, по д. Новомихайловка какие-либо угрозы перспективного негативного воздействия русловых деформаций на населенный пункт отсутствуют.

3. Деревня Глумилино. Анализ материалов оценок по всем трем методам показывает общую тенденцию незначительных русловых деформаций. Как опрос старожил, так и анализ космоснимков подтверждает отсутствие каких-либо видимых деформаций русла. Самое наибольшее смещение русла за 15 лет не превысит 4,5 м. В настоящее время проведение мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и инженерной защите д. Глумилино не требуются. Необходимо вести мониторинг водного режима и русловых процессов на этом участке.

4. Деревня Таптыково. По всем трем методам получены схожие результаты. Это подтверждает наличие постоянной динамики русловых процессов с увеличением интенсивности в последние годы (таблица), которая составляет 1,0–2,0 м/год. Максимальная деформация русла на 15 лет прогнозируемого времени составит 36,5 м. При этом можно выявить угрозу негативного воздействия русловых деформаций. Это обуславливает необходимость обоснования проведения мероприятий по инженерной защите деревни.

5. Село Нижегородка. По данным администрации муниципального района Уфимский район РБ, ежегодное обрушение береговой линии составляет 2–3 м. Максимальное разрушение береговой линии наблюдалось в период весеннего половодья 2010 г., составило 12 м. До этого, весной 2004 г., произошло обрушение двух жилых домов по ул. Набережная, в 2007 г. – одного жилого дома на той же улице. В настоящее время береговая линия опасно близко подошла к жилым домам по ул. Школьная и Набережная. Граница береговой линии проходит в 4–15 м от жилых домов. Существует опасность срыва в реку домов и хозяйственных строений. По всем трем методам выявлены схожие результаты, что подтверждает постоянную динамику русловых процессов с незначительным увеличением интенсивности в последние годы (таблица), которые составляют 2,5–4,0 м/год. Максимальная (прогнозируемая) деформация русла на 15 лет составит 58,3 м. При этом можно выявить то, что возникает значительная угроза негативного воздействия русловых деформаций на жилые дома и хозяйственные объекты. Это обуславливает необходимость применения системы мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и инженерной защите с. Нижегородка.

Таким образом, в течение продолжительного времени многочисленные левобережные притоки р. Белая в пределах ее среднего течения испытывают процессы активизации русловых деформаций в зависимости от влияния антропогенных факторов на их водосборах, а также чрезмерной добычи ПГС в руслах рек. На отдельных участках обнаруживается активное наступление обрушения берегов, что является причиной возникновения опасности современного и перспективного разрушения домов и иных сооружений в населенных пунктах. Это отчетливо проявляется в пределах нижнего течения р. Дема.

Наиболее значимый хозяйственно-экономический ущерб в настоящее время наблюдается в населенных пунктах Лекаревка, Глумилино и Нижегородка, что требует необходимости обоснования и проведения мероприятий по укреплению берегов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гареев А.М.* Тенденции развития эрозионных процессов и формирования мутности речных вод в пределах Южного Предуралья // Тридцатое межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Псков: Изд-во ПГПИ, 1998. С. 71–72.
2. *Гареев А.М.* Процессы деформации русла р. Белая в пределах среднего течения в связи с влиянием хозяйственной деятельности человека // География, общество, окружающая среда: развитие географии в странах Центральной и Восточной Европы. Калининград, 2001. С. 192–193.
3. *Гареев А.М.* Некоторые характеристики изменения склонового и речного стока в условиях деградации природных комплексов на водосборе // Водное хозяйство России. 2003. С. 115–121.
4. *Гареев А.М., Зайцев П.Н.* Многолетняя динамика изменчивости водных ресурсов в пределах Башкирского Предуралья. Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. 128 с.
5. *Гареев А.М., Мусин С.И.* Влияние сельскохозяйственных нагрузок на условия развития эрозионных процессов и формирования мутности речных вод // Евразійно-аккумулятивні річкові системи освоєних територій. Львів: Изд-во ЛьвівГУ, 2006. С. 182–187.

6. *Гареев А.М., Хабибуллин И.Л.* Естественные и антропогенные факторы активизации развития эрозионных процессов. Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. 122 с.
7. *Khafizov A. R., Khazipova A.F.* Correlation of physiographic regions and watershed facies in the forest-steppe zone of west Bashkortostan // *Global Science and Innovation/ Materials of the International scientific conference, Vol. II. Chicago. USA, 2013. P. 320–326.*
8. *Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф.* Об учете классификации водосборов Западного Башкортостана по природно-климатическим и физико-географическим показателям при геоморфологических исследованиях / Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе // Мат-лы Всеросс. науч.-практ. конференции в рамках XXI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2011». Ч. 1. Уфа: БГАУ, 2011. С. 280–283.

Сведения об авторах:

Гареев Ауфар Миннигазимович, д-р геогр. наук, профессор, заведующий кафедрой гидрологии и геоэкологии, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Россия, Республика Башкортостан, 450074, г. Уфа, ул. З. Валиди, 32; e-mail: hydroeco@mail.ru

Хафизов Айрат Райсович, д-р техн. наук, директор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, (БашНИИВХ), Россия, Республика Башкортостан, 450097, г. Уфа, ул. Бессонова, 27; e-mail: bashniihv@mail.ru

СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА РЕКИ БЕЛОЙ

Загитова Л.Р.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Россия

l_zagitova@mail.ru

Ключевые слова: сток, антропогенные изменения, химический состав, нефтяное загрязнение.

Приведен анализ состояния водных ресурсов в бассейне реки Белой в условиях воздействия антропогенного фактора.

WATER RESOURCES STATING OF BELAYA RIVER BAZIN

Zagitova L.R.

Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

l_zagitova@mail.ru

Keywords: flow, anthropogenic changes, chemical composition, petroleum contamination.

The analysis of water resources stating in Belaya river basin in the conditions of influence of anthropogenic factor is driven.

Территория бассейна р. Белой характеризуется высоким уровнем хозяйственного развития и интенсивным использованием водных ресурсов. Особенно большая антропогенная нагрузка приходится на бассейны равнинных маловодных левых притоков р. Белой, которые расположены в районе высокоразвитого земледелия.

Среднегодовой сток исследуемой территории под воздействием антропогенных факторов практически не изменился, за исключением рек Уршак, Дема, Чермасан и Сюнь, для которых установлены тенденции его снижения в результате роста безвозвратных потерь воды (преимущественно на испарение с орошаемых массивов и поверхности зеркала прудов) [1]. Значительных изменений стока весеннего половодья исследуемых рек не обнаружено, за исключением р. Нугуш, на которой после ввода в эксплуатацию Нугушского водохранилища в 1967 г. произошло перераспределение стока внутри года и уменьшение стока весеннего половодья на 42 %. На реках Уршак, Дема, Чермасан и Сюнь наметилась тенденция снижения объема весеннего стока. Для рек, в бассейнах которых с конца 1960-х годов ведется особенно интенсивное строительство прудов и малых водохранилищ – Уршак, Дема, Чермасан и Сюнь – установлено увеличение летнего меженного стока на 45 – 61 % и зимнего меженного стока на 36 – 57 %. На р. Нугуш в результате влияния водохранилища (1967 г.) сток зимней межени увеличился на 37 % [2].

Влияние хозяйственной деятельности человека на рассматриваемой территории проявляется не только в изменении количественных характеристик стока, но и в преобразовании качественного состава водных объектов.

Химический состав рек формируется в результате растворения водовмещающих горных пород, а также поступления различных химических соединений с атмосферными осадками. Наиболее тесная связь состава речных вод с химическим составом пород, слагающих водосбор, наблюдается в период межени, когда реки питаются только подземными водами. На значительной территории бассейна р. Белой распространен водоносный комплекс отложений, представленных многократным переслаиванием песчаников, глин, мергелей и доломитов. Это характерно для водосборов рек Дема, Чермасан, Сюнь, Быстрый Танып. Подземные воды имеют гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-магниевый состав. Минерализация достигает 2 г/л.

В междуречье рек Уршак и Белая водоносный комплекс представлен преимущественно гипсами. Для вод присущ сульфатный кальциевый состав с высокой минерализацией до 3 г/л. На территории Уфимского плато развит водоносный комплекс известняков, воды имеют гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав и низкую минерализацию в пределах 0.1–0,3 г/л.

В бассейне р. Белой по преобладающему компоненту в меженный период выделяется гидрокарбонатная гидрохимическая формация, которая представлена гидрокарбонатно-кальциево-сульфатной и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевой фациями. Воды первой приурочены к Уфимскому плато и рекам Быстрый Танып, Бирь. Воды второй гидрохимической фации характерны для малых рек левобережья р. Белая, которые являются притоками рек Дема, Чермасан, Стерля. Воды самих указанных рек относятся к формации сульфатных с преобладанием сульфат-иона.

Минерализация речных вод зависит также от водности рек, которая подвержена колебаниям. Между минерализацией и водностью четко прослеживается обратная зависимость. На рассматриваемой территории наибольшая минерализация при наименьшей водности рек наблюдается в период зимней межени. Содержание сульфат-иона на реках Дема, Чермасан, Быстрый Танып, Бирь превышает 500 мг/л, содержание гидрокарбонат-иона находится в пределах 250 – 430 мг/л. Эти же реки характеризуются высоким содержанием иона кальция (около 300 мг/л) и иона магния (40 –70 мг/л). Жесткость вод в период зимней межени колеблется от 10 до 20 мг-экв/л. Вынос растворенных солей с речным стоком в течение года неравномерен: большая их часть проходит в период весеннего половодья (около 60 %). Наибольшее количество растворенных солей выносятся р. Бирь – более 250 т/км², р. Быстрый Танып – около 120 т/км², р. Уршак – около 100 т/км², р. Дема – около 70 т/км².

Во второй половине XX в. на химический состав рек исследуемой территории стал оказывать негативное воздействие нефтедобывающий комплекс [3]. Одним из основных индикаторов загрязнения вод в процессе нефтедобычи является содержание ионов хлора. Основными загрязняющими веществами при порывах нефтепроводов, негерметичности колонн скважин и при заколонных перетоках являются нефть и пластовые сточные воды, содержащие такие микрокомпоненты, как бор, бром, литий, стронций и др. Опыт эксплуатации нефтяных месторождений показывает, что объемы загрязняющих веществ, которые могут поступить в водотоки, будут зависеть от характера повреждения нефтепровода, а ориентировочные максимальные значения объема жидкости при полном разрыве нефтесборных сетей могут составить от 2,5 до 42 т. Ожидаемое загрязнение водотоков при чрезвычайной ситуации можно отнести к категории «очень сильное» [4]. Расчетная продолжительность прохождения опасных концентраций в заданном створе может составить от 3,0 до 7,0 часов. Загрязнение первых от поверхности земли водоносных горизонтов возможно только при аварийных ситуациях: фильтрации нефти с поверхности земли и разгрузке минерализованных пластовых вод при заколонных перетоках.

Нефтяное загрязнение тяготеет к верхней части разреза водоносного горизонта. Нефть и вода рассматриваются как взаимно нерастворимые и несмешивающиеся жидкости. В подземных водах нефть под влиянием биогенного разложения и химического окисления может разрушаться. Нефтяное загрязнение относится к стойким: время распада порядка 5 лет. Как вредное вещество для водных объектов нефть относится к «умеренно-опасным» (3 класс опасности).

Загрязнение минерализованными пластовыми водами будет тяготеть к подошве водоносного горизонта, перемещаясь по нему. По стойкости хлориды являются неразлагающимися и несорбируемыми веществами, поэтому последствия их загрязняющего действия могут проявляться очень долго. Как вредное вещество для водных объектов хлориды относятся к «умеренно опасным» (4 класс опасности).

Основными критериями оценки естественной защищенности первого от поверхности водоносного горизонта от загрязнения «сверху» на территории месторождения являются:

глубина залегания первого водоносного горизонта, мощность и литологическая характеристика слабопроницаемого грунта зоны аэрации. Лучшей защищенности соответствует наибольшая сумма баллов. Границы участков с различной защищенностью совпадают с геологическими границами. Естественная защищенность подземных вод «снизу» зависит от наличия, мощности и физико-химической активности водоупорных пород, подстилающих водоносный горизонт и от соотношения пьезометров нижних водоносных горизонтов и верхнего, содержащего пресные воды. Ухудшение защищенности снизу, даже при наличии надежного водоупора, может быть вызвано глубокими скважинами – как действующими, так и ликвидированными, в том случае, если в скважинах нарушена изоляция высокоминерализованных водоносных горизонтов.

Чтобы не допустить загрязнения воды объектами нефтедобычи, необходимо вести постоянный контроль за ее состоянием, обратив особое внимание на исправность нефтепромыслового оборудования с целью предотвращения аварийных ситуаций. Пересечение реки проектируемым нефтегазопроводом следует выполнять методом подземного бурения, что полностью исключает воздействие на поверхностные воды. Экстремальное загрязнение водоемов возможно только при аварийных ситуациях на переходах через реки при непосредственном поступлении нефти в поверхностный водный объект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Загитова Л.Р.* Оценка влияния антропогенных факторов на годовой и сезонный сток в бассейне реки Белой // Водное хозяйство России. 2014. № 5. С. 119–126.
2. *Загитова Л.Р.* Оценка антропогенного воздействия на годовой и сезонный сток в бассейне реки Белой // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. 2015. № 8. С. 70–74.
3. *Загитова Л.Р.* Особенности формирования водных ресурсов Республики Башкортостан / Л.Р. Загитова // Медицина труда и экология человека. 2016. № 2 (6). С. 38–43.
4. *Хайдаршина Э.Т.* Воздействие поверхностного стока на качество воды р.Белой в зоне влияния предприятий нефтепереработки и нефтехимии // Проблемы сохранения и преобразования агроландшафтов: сб. тр. междунар. интернет-конф., посвящ. 225-летию со дня рожд. С.Т. Аксакова. Уфа: БГАУ, 2016. С. 312–317.

Сведения об авторе:

Загитова Лариса Рашитовна, доцент. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», Россия, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34; e-mail: l_zagitova@mail.ru

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ АРГУНЬ В ПРЕДЕЛАХ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Зыкова Е.Х.

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

Ключевые слова: зоопланктон, коловратки, ракообразные, доминирующие виды.

По результатам исследований в 2016 г. в зоопланктоне р. Аргунь выявлено 47 видов и подвидов. Наибольшим видовым разнообразием отличались коловратки – 29 видов и вариететов. Ветвистоусые ракообразные представлены 10 формами. Среди веслоногих ракообразных идентифицировано 6 видов и представители семейства Diaptomidae и отряда Harpacticoida. Основу планктофауны формировали виды, обладающие широкой экологической валентностью, характерные для водных объектов повышенной эвтрофности. Отмечены высокие значения численности планктонных организмов в верхнем течении р. Аргунь в пределах Забайкальского края.

QUALITATIVE COMPOSITION OF ZOOPLANKTON OF THE ARGUN RIVER UPSTREAM WITHIN THE LIMITS OF THE TRANSBAIKAL KRAY

Zykova E.Kh.

RosNIIVKh Eastern Branch, Chita, Russia
evgenia.zykova@mail.ru

Keywords: zooplankton, rotifers, crustaceans, dominant species, Argun River.

The results of the 2016 zooplankton studies in the Argun River identified 47 species and subspecies. Rotifers have demonstrated the highest species diversity: 29 species and subspecies. 10 species of Cladocera have been recorded. Among the Copepoda 6 species and members of the Diaptomidae family and a squad of Harpacticoida have been identified. Species with wide ecological valence, specific for highly eutrophied water form the zooplankton basis. High abundance of plankton organisms to the upper reaches of the Argun River within Zabaykalsky Krai have been detected.

Изучение водных сообществ пограничной р. Аргунь является необходимым условием для оценки ее современного экологического состояния и осуществления природоохранных мероприятий для сохранения уникальной экосистемы реки.

Река Аргунь – правая составляющая р. Амур – берет начало на западном склоне Большого Хингана и на протяжении 669 км течет по территории КНР, где носит название Хайлар или Хайлархэ. Общая длина реки составляет 1620, в т. ч. по границе России и КНР – 951 км. Площадь водосбора Аргуни – 164 тыс. км², в пределах России 49,1 тыс. км². Основное питание река получает от летних дождей. [1].

По выходе с гор Большого Хингана река приобретает равнинный характер, на нижнем участке до устья – это типичная горная река с галечно-валунными перекатами. Река Аргунь протекает по низкой пойме, достигающей в отдельных местах ширины более 10 км. Пойма изрезана множественными протоками, на ней расположено значительное количество стариц и озер (в бассейне Аргуни насчитывается около 1800 озер общей площадью 50,9 км²) [2].

Пойма пограничной р. Аргунь является источником водных ресурсов для крупного региона России – Забайкальского края, бытовое и промышленное водопотребление юго-восточной части которого полностью зависит от Аргуни. Традиционное природопользование предполагает максимальную зависимость от ресурсов поймы в засушливые годы (водопой,

астбища, сенокосы и т. д.). Бассейн реки подвержен воздействию таких отраслей как орнодобывающая промышленность, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное озяйство. Одновременно уникальные водно-болотные угодья поймы р. Аргунь имеют лобальную природоохранную ценность, особенно для перелетных птиц.

Цель данной работы – выявление видового состава зоопланктона на верхнем участке р. аргунь и его эколого-географическая характеристика.

Зоопланктон р. Аргунь исследовали в 2003 [3], 2004 [4, 5] и 2006 годах [6]. Полевые боры материала планктонных организмов проводили в летний период: в июне и в августе 016 г. на участке от протоки Мутная до с. Новоцурухайтуй. Материалом для настоящей аботы послужили пробы, собранные в июне 2016 г. на станциях: 1 – протока Мутная, 2 – ротока Прорва, 3 – гидропост Молоканка, 4 – с. Среднеаргунск, 5 – с. Новоцурухайтуй (рис.). Сбор и обработка материала осуществлялись по общепринятым в гидробиологических сследованиях методикам [7]. Температура воды в июне изменялась от 18 до 23 °С. Скорость оды варьировала от 0,10 до 0,36 м/с. Вода на станциях 1–3 отличалась сильной мутностью, вет воды от коричневого до желтого, дно сложено илистыми грунтами. На ст. 4 цвет воды еленоватый, грунт илесто-каменистый. На ст. 5 цвет воды коричневый, дно песчано-листое. На всех станциях запах воды гнилостный, болотный.

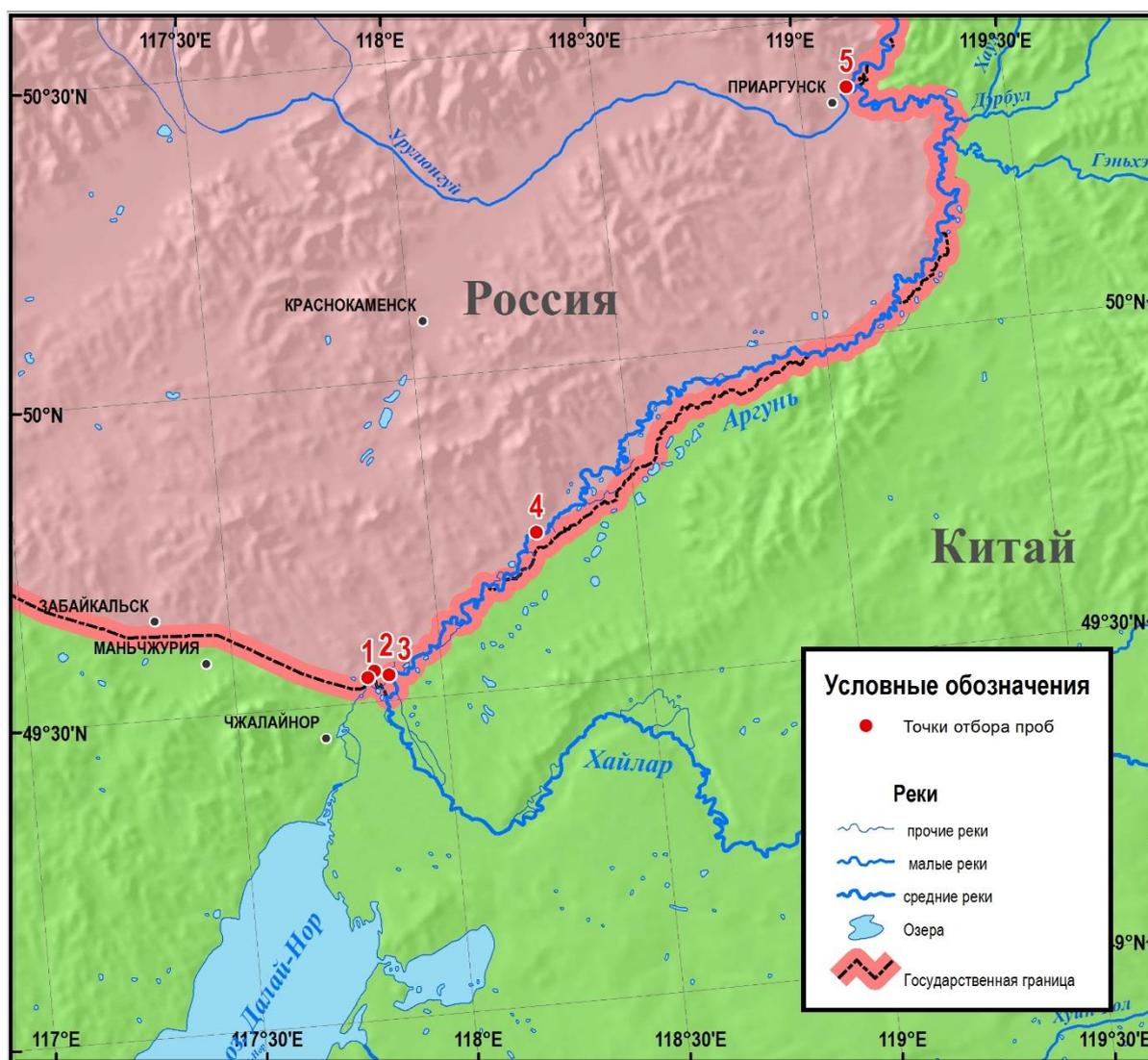


Рис. 1. Картограмма расположения станций наблюдения на р. Аргунь: 1 – протока Мутная; 2 – протока Прорва; 3 – гидропост Молоканка; 4 – с. Среднеаргунск; 5 – с. Новоцурухайтуй.

По результатам исследований в июне 2016 г. в зоопланктоне р. Аргунь выявлено 47 таксонов видового и внутривидового рангов. Идентифицированные виды и подвиды относятся к 29 родам, 16 семействам, 9 отрядам, 4 классам и 2 типам. Наибольшим видовым разнообразием отличались коловратки – 29 видов и вариететов. Ветвистоусые ракообразные представлены 10 формами. Среди веслоногих ракообразных идентифицировано 6 видов, представители семейства Diaptomidae и отряда Harpacticoida. Наибольшей видовой насыщенностью обладает семейство коловраток Brachionidae – 17 видов и вариететов, принадлежащих к 4 родам.

В зоогеографическом отношении большинство видов коловраток и ракообразных являются космополитами (57 %), палеарктические виды составили 15 %, голарктические виды представлены 8 %.

По предпочитаемым биотопам преобладают фитофильные прибрежные виды (43 %). Доли эврибионтных и планктонных видов составили 26 % и 23 % соответственно, бентических – 8 %.

Среди зоопланктеров 39 являются индикаторами различных зон сапробности, что составляет 83 % от общего числа видов. Большую часть составляют бетамезосапробы (36 %), к олиго-бетамезосапробам относится (33 %), к бета-олигосапробам – 13 %, к бета-альфасапробам – 10 %, к олигосапробам – 8 %. Таким образом, по видовому списку преобладают индикаторы загрязнений (в сумме β -мезосапробы, β -о-сапробы β - α -мезосапробы составили 59 %).

Ядро планктофауны формировали *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834), *Bosmina* (*B*) *longirostris* O.F. Müller, 1785, коловратки рода *Brachionus* (*Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783, *B. calyciflorus calyciflorus* Pallas, 1766, *Brachionus diversicornis* Daday, 1883, *Brachionus urceus* Linnaeus, 1758, *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850). Это виды, обладающие широкой экологической валентностью – космополиты, эврибионты, характерные для водных объектов повышенной эвтрофности.

Сравнение комплекса доминантов верхнего участка р. Аргунь с собственными данными по зоопланктону других водотоков Забайкальского края [8 – 10] выявило его специфичность.

Протока Мутная вытекает из пресноводного оз. Далайнор (Далай-Нор, Хулуньчи). Зоопланктон р. Аргунь и озера и имеет определенные черты сходства по таксономическому составу. По литературным данным в планктофауне оз. Далайнор зарегистрировано 18 видов ротифера, 5 видов копепод и 3 вида кладоцер [11], из которых в р. Аргунь встречены 8 видов ротифера и 2 вида копепод.

Количество видов варьировало по станциям наблюдения от 20 до 29 (табл. 1). В видовом составе преобладали коловратки. Численность зоопланктеров отличалась высокими значениями, в основном, за счет массового развития коловраток *Filinia longiseta*. Индекс видового разнообразия изменялся от 2,28 до 2,98 бит/экз.

В протоке Мутная обнаружено 20 видов. Доминирующие виды – *Filinia longiseta*, *Bosmina longirostris*, науплиусы копепод, коловратки рода *Brachionus*. При наибольшей численности (табл. 1) индекс видового разнообразия на данной станции был наименьший. По литературным данным, в 2006 в данной протоке также отмечалась высокая численность зоопланктона [6].

В протоке Прорва встретилось больше видов (29). В данной протоке к числу доминирующих видов добавились каланоиды. Численность была также высокой.

В районе гидрпоста Молоканка, ниже впадения протоки Прорва основу численности определял ветвистоусый рачек *Bosmina longirostris* и коловратки *Brachionus quadridentatus*, *Asplanchna priodonta*, *Br. urceus*. Численность и видовое разнообразие снижались.

У с. Среднеаргунск в сообществе вновь возрастала доля коловраток (до 92 %) и уменьшалась доля ракообразных. Количество видов и численные характеристики увеличивались.

Таблица 1. Показатели структуры и численности зоопланктона р. Аргунь в июне 2016 г.

| Характеристики | Станции наблюдения | | | | |
|---|--|--|---|---|--|
| | протока Мутная | протока Прорва | гидропост Молоканка | село Среднеаргунск | село Новоцурухайтуй |
| Количество видов | 20 | 29 | 23 | 28 | 27 |
| Соотношение количества видов Rotifera:Cladocera:Соперода, % | 55:30:15 | 62:21:17 | 74:17:9 | 75:14:11 | 66:19:15 |
| Численность, тыс.экз/м ³ | 59,72 | 50,05 | 30,91 | 46,58 | 17,02 |
| $N_{rotifera}:N_{cladocera}:N_{cop\ epoda},\%$ | 67:16:17 | 64:19:17 | 60,6:39:0,4 | 82:16:2 | 92:7:1 |
| Индекс Шеннона, бит/экз | 2,28 | 2,83 | 2,58 | 2,98 | 2,74 |
| Доминирующие виды (по численности, %) | <i>Filinia longiseta</i> (56), младше-возрастные стадии копепод (16), <i>Bosmina longirostris</i> (15) | <i>Filinia longiseta</i> (41), <i>Bosmina longirostris</i> (18 %), отряд Calanoida (8 %) | <i>Bosmina longirostris</i> (39), <i>Brachionus quadridentatus</i> (18), <i>Asplanchna priodonta</i> (13), <i>Br. urceus</i> (12) | <i>Filinia longiseta</i> (36), <i>Bosmina longirostris</i> (16), <i>Br. quadridentatus</i> (10), <i>Br. urceus</i> (10) | <i>Br. quadridentatus</i> (37), <i>Filinia longiseta</i> (26), <i>Br. urceus</i> (9) |

Следующая станция с. Новоцурухайтуй расположена на значительном расстоянии от предыдущей – 290 км (по течению реки). При доминировании тех же видов коловраток численность зоопланктона снижается. Вероятно, это связано с некоторыми изменениями гидрологических условий (увеличения скорости воды, сменой грунтов с илистых на песчано-илистые) и со значительным снижением содержания органических веществ в воде (по БПК зарегистрировано снижение органических веществ более, чем в 2 раза).

Таким образом, в июне 2016 г. в зоопланктонном сообществе верхнего течения р. Аргунь идентифицировано 47 видов и вариететов. Планктофауна отличалась от других водотоков Забайкальского края массовым развитием группы видов, обладающих широкой экологической валентностью, характерных для водных объектов повышенной эвтрофности и высокими численными характеристиками. В таксономическом и количественном отношении преобладали коловратки. Отмечено сходство видового состава р. Аргунь и оз. Далайнор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Дальний Восток. Вып.1. Верхний и Средний Амур. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 781 с.

2. География Забайкальского края / под ред. В.С. Кулакова. Чита: Экспресс-издательство. 308 с.
3. *Афонина Е.Ю.* Зоопланктон верхнего течения р. Аргунь // Молодежь и наука Сибири. Чита: ЗабГПУ. С. 4–5.
4. *Зыкова Е.Х., Иванова Г.Г.* Сведения о зоопланктоне реки Аргунь // Адаптивный подход в использовании земельных и водных ресурсов Азиатской России: м-лы Всерос. научно-практ. конф. Чита: ЧитГУ. 2011. С. 41–45.
5. *Зыкова Е.Х.* Характеристика зоопланктонных сообществ рек Онон и Аргунь // Водные ресурсы и водопользование. Чита: ЧитГУ. 2011. Вып. 5. С. 54-65.
6. *Афонина Е.Ю., Итигилова М.Ц.* Видовой состав и пространственное распределение коловраток и ракообразных реки Аргунь (в пределах Забайкальского края) // Амурский зоологический журнал. 2013. V(1). С. 3–12.
7. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 33 с.
8. *Зыкова Е.Х., Иванова Г.Г.* Зоопланктон как индикатор состояния р. Хилок Байкальского бассейна // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т.11. № 1 (3). 2009. С. 295–300.
9. *Зыкова Е.Х., Клещева Л.А.* Исследование видового состава зоопланктона р. Газимур Верхнеамурского бассейна /Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: сб. ст. XV междунар. конф.. Забайкал. гос. ун-т. Чита. 2015. С. 317–320.
10. *Казыкина С.М., Зыкова Е.Х.* Количественные характеристики зоопланктонных и зообентосных сообществ и качество воды р. Нерча в условиях Забайкальского края // Труды Зоологического института РАН. 2016. Т.320. № 3. С. 304–315.
11. *An X.P., Du Z.H., Zhang J.H., Li Y.P., Qi J.W.* Structure of the zooplankton community in Hulun Lake, China. *Procedia Environmental Sciences* 13. 2012. P. 1099–1109. Available on line at www.sciencedirect.com

Сведения об авторе:

Зыкова Евгения Хамидуловна, канд. биол. наук, доцент, инженер, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, Россия, 672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, 30; e-mail: evgenia.zykova@mail.ru

**ТЕПЛО-ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
РАВНИННЫХ ВОДОСБОРОВ ЗАПАДНОГО БАШКОРТОСТАНА**

Камалетдинова Л.А.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Россия
lili-xa@yandex.ru

Ключевые слова: равнинные водосборы, тепло-влагообеспеченность территорий, природно-климатические показатели, ландшафтные зоны, ландшафтные группы

Для оценки состояния водосборов и разработки стратегии комплексного обустройства, проанализированы природно-климатические показатели водосборов Западного Башкортостана. По полученным данным составлена оптимальная классификация равнинных водосборов по природно-климатическим показателям.

**WESTERN BASHKORTOSTAN LOWLAND
CATCHMENTS HEAT-MOISTURE CONTENT**

Kamaletdinova L. A.

Bashkir State Agricultural University», Ufa, Russia
lili-xa@yandex.ru

Keywords: lowland watersheds, areas heat-moisture content, natural and climatic indexes, landscape zones and landscape groups.

To assess the state of catchments and development of comprehensive development strategies, analysis of the Western Bashkortostan catchments climatic and natural indicators has been carried out. The obtained data was used for compiling optimal classification of lowland catchments according to their natural and climatic characteristics.

Под водосборами понимают природный объект, с которого воды стекают в отдельную реку или речную систему. Речные бассейны (водосборы) организованы для выполнения своей главной природной функции – стокообразующей и состоят из геосистемных групп: фаций и катен. Для комплексной оценки состояния и обустройства водосборных территорий, необходимо членение территорий на отдельные водосборы. Поверхностные границы водосборов – водораздельные линии, физико-географические и ландшафтные районы объективно не совпадают, что существенно усложняет сравнительный анализ при их изучении, затрудняет решение практических задач комплексного обустройства. Основное внимание уделено представлению водосборов как целочисленных конечных множеств различных физико-географических и ландшафтных районов. Оно важно для системного анализа природных условий, с целью разработки классификации (зонирования) водосборов, и дальнейшей схематизации природных условий, с целью разработки моделей функционирования водосборов. На основании данных [1, 2] выполнен анализ и разработаны классификации (зонирования) равнинных водосборов по природно-климатическим показателям.

**Анализ и классификация водосборов по природно-климатическим
и физико-географическим показателям**

Природно-климатические показатели водосборов характеризуются так называемыми «потенциальными оценками» тепло-влагообеспеченности территорий [3]:

– гидротермическим коэффициентом (Г.Т. Селянинов), определяемый как:

$$K = \frac{R \cdot 10}{\sum t}; \quad (1)$$

где R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\sum t$ – сумма температур за то же время;

– коэффициент увлажнения (Н.Н. Иванов, А.Н. Костяков), вычисляемый как:

$$K_y = \frac{O_c}{E_0}; \quad (2)$$

где O_c – годовое количество атмосферных осадков, мм; E_0 – годовая величина испаряемости;

– «индексом сухости» (М. И. Будыко) по формуле:

$$I_c = \frac{10 \cdot R}{(L \cdot O_c)}; \quad (3)$$

где R – годовая величина радиационного баланса, $\text{КДж}/\text{см}^2$; L – теплота парообразования воды, равная $2,26\text{ КДж}/\text{см}^3$. Произведение $L \cdot O_c$ означает, сколько тепла надо для испарения всех выпавших осадков.

Приведенные формулы позволили вычислить значения соответствующих коэффициентов для территории Западного Башкортостана и построить их изолинии. Полученные изолинии наложены на карту водосборов Башкортостана и определены значения, соответствующих параметров тепло-влагообеспеченности, применительно к ландшафтным зонам у 25 водосборов Западного Башкортостана.

Со значениями гидротермического коэффициента Селянинова хорошо увязываются границы основных ландшафтных зон, а с влажностными показателями, например коэффициентом увлажнения по Н.Н. Иванову – гидротермические режимы отдельных зон. Зональные отличия, выраженные соотношением тепловых и водных ресурсов, характеризуются «индексом сухости» (М.И. Будыко).

Изолинии ГТК Селянинова позволили сгруппировать водосборы по ландшафтным зонам. Сопоставление границ водосборов с изолиниями значений ГТК Селянинова показало, что:

- водосборы расположены на трех ландшафтных зонах: лесной, лесостепной и степной;
- территории шести водосборов охватывают по две ландшафтные зоны.

Все водосборы республики можно разделить на пять групп. Из них три группы, будут состоять из водосборов, расположенных в какой-либо одной из ландшафтных зон: лесной (таежной), лесостепной, степной [4]. Две группы – из водосборов, расположенных в двух ландшафтных зонах: лесной и лесостепной, лесостепной и степной (табл. 1).

По коэффициенту увлажнения проведен более подробный анализ влажностных режимов внутри водосборов, сгруппированных по ландшафтным зонам [5]. Увлажненность водосборов меняется от достаточно увлажненной до засушливой степени (табл. 2).

Достаточно увлажнены лишь части водосборов лесной зоны (верхние течения рек Юрюзань и Ай), остальные испытывают дефицит увлажнения. Часть водосбора Усень в нижнем течении реки классифицируется как засушливая.

Недостаточно увлажненными считаются водосборы, имеющие коэффициенты увлажнения в пределах от 0,5 до 0,8. Большинство водосборов или их части (22 водосбора) относятся к этой категории. Поэтому при разработке классификатора равнинных водосборов, расположенных на территории Западного Башкортостана, необходима более подробная градация недостаточно увлажненных водосборов.

Таблица 1. Классификация водосборов по ГТК Селянинова

| Ландшафтная зона | ГТК Селянинова | Наименования рек водосборов |
|-----------------------|----------------|---|
| Таежная (лесная) | 1,30–1,60 | Лемеза, Юрюзань, Ай, Тюй |
| Лесная и лесостепная | 1,00–1,60 | Сим, Уфа, Уса, |
| Лесостепная | 1,00–1,30 | Зилим, Белая – среднее течение (между г. Мелеуз и Уфой), Нугуш, Инзер, Буй, Бирь, База, Кама (сток), Быстрый Танып, Дема, Сюнь, Чермасан, Белая, нижнее течение (от г. Уфа до устья), Ик (западный) |
| Лесостепная и степная | 0,85–1,30 | Усень, Уршак, Куганак |
| Степная | 0,85–1,00 | Белая, верхнее течение (от границы Русской равнины до г. Мелеуз), Ашкадар, Кармасан |

Примечание: Выражения (сток в реку), (сток) означают, что с данной территории (части водосбора) поверхностный сток стекает непосредственно в главную реку водосбора.

Таблица 2. Классификация водосборов по степени увлажнения

| Коэффициент увлажнения | Степень увлажнения | Наименования рек водосборов |
|--------------------------------|--------------------|--|
| Таежная (лесная) зона | | |
| 0,8–1,0 | Достаточный | Юрюзань – верхнее течение, Ай – верхнее течение |
| 0,7–0,8 | Недостаточный | Лемеза, Юрюзань – нижнее течение, Ай – нижнее течение, Тюй |
| Лесо-лесостепная зона | | |
| 0,7–0,8 | Недостаточный | Сим – верхнее течение, Уфа – верхнее течение, Уса – левобережье |
| 0,6–0,7 | Недостаточный | Сим – нижнее течение, Уфа – нижнее течение, Уса – правобережье |
| Лесостепная зона | | |
| 0,6–0,7 | Недостаточный | Зилим, Инзер, Бирь – верхнее течение, Быстрый Танып – верхнее течение, Дема – верхнее течение |
| 0,5–0,6 | Недостаточный | Нугуш, Буй, Бирь – нижнее течение, База, Кама (сток), Быстрый Танып – нижнее течение, Дема – нижнее течение, Сюнь, Чермасан, Белая – нижнее течение (от г. Уфы до устья), Белая – среднее течение (между г. Мелеуз и Уфа), Ик (западный) |
| Лесостепно-степная зона | | |
| 0,5–0,6 | Недостаточный | Усень, Уршак, Куганак |
| Степная зона | | |
| 0,5–0,6 | Недостаточный | Ашкадар, Кармасан |
| 0,4–0,5 | Засушливый | Белая – верхнее течение (от границы Русской равнины до г. Мелеуз) |

Таким образом, при группировании водосборов по гидротермическому коэффициенту и коэффициенту увлажнения следует учитывать следующее:

1. Территории водосборов расположены как в отдельных ландшафтных зонах, так и охватывают по две ландшафтные зоны. Целесообразно группировать водосборы по их принадлежностям к соответствующим ландшафтным зонам [6]. Наименования групп водосборов можно обозначить по названиям соответствующих ландшафтных зон.

2. Водосборы, расположенные в двух ландшафтных зонах, необходимо выделять в отдельные группы. Наименования групп водосборов, охватывающих две ландшафтные зоны, предлагается обозначить как лесолуговая группа (водосборы, расположенные в лесной и лесостепной ландшафтных зонах) и лугостепная группа (водосборы, расположенные в лесостепной и степной ландшафтных зонах) [7].

3. Водосборы, объединенные по ГТК Селянинова в одну группу, отличаются между собой по степени увлажнения. Различные коэффициенты увлажнения наблюдаются в пределах одной водосборной площади [8]. Поэтому необходима градация водосборов по степени увлажнения внутри выделенных групп.

4. Более 85 % равнинных водосборов Западного Башкортостана находятся в недостаточно увлажненных территориях. При этом значения коэффициентов увлажнения варьируются от 0,5 до 0,8. Для более точного учета различий по степени увлажнения водосборов предлагается дифференцировать на: увлажненные – $0,8 \div 1,0$; близкие к увлажненным (мало неувлажненные) – $0,7 \div 0,8$; неувлажненные (средне неувлажненные) – $0,6 \div 0,7$; близкие к засушливым (сильно неувлажненные) – $0,5 \div 0,6$ и засушливые $0,4 \div 0,5$.

На их основе разработана классификация равнинных водосборов Западного Башкортостана [9] (табл. 3).

Таблица 3. Классификация равнинных водосборов Западного Башкортостана по природно-климатическим показателям

| Группы | Подгруппы | Водосборы |
|-------------|-----------------------|--|
| Лесная | увлажненные | Юрюзань – верхнее течение, Ай – верхнее течения |
| | близкие к увлажненным | Лемеза, Юрюзань – нижнее течение, Ай – нижнее течение, Тюй |
| Лесолуговая | близкие к увлажненным | Сим – верхнее течение, Уфа – верхнее течение |
| | неувлажненные | Сим – нижнее течение, Уфа – нижнее течение, Уса |
| Лесостепная | неувлажненные | Зилим, Инзер, Бирь – верхнее течение, Быстрый Танып – верхнее течение, Дема – верхнее течение |
| | близкие к засушливым | Нугуш, Буй, Бирь – нижнее течение, База, Кама (сток), Быстрый Танып – нижнее течение, Дема – нижнее течение, Сюнь, Чермасан, Белая – нижнее течение (от г. Уфа до устья), Белая – среднее течение (между г. Мелеуз и Уфа), Ик (западный) |
| Лугостепная | близкие к засушливым | Усень – верхнее течение, Уршак, Куганак |
| | засушливые | Усень – нижнее течение |
| Степная | близкие к засушливым | Ашкадар, Кармасан |
| | засушливые | Белая – верхнее течение (от границы Русской равнины до г. Мелеуз) |

Таким образом, для комплексной оценки состояния водосборов, выработке единой программы их улучшения и превращения при необходимости в культурные ландшафты, рекомендуется классификация водосборов по природно-климатическим показателям. Данная классификация объединяет водосборы в однотипные ландшафтные группы по наиболее значимым показателям: по тепло- и влагообеспеченности, позволяет разработать для них единую стратегию комплексного обустройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф.* Об учете классификации водосборов Западного Башкортостана по природно-климатическим и физико-географическим показателям при геоморфологических исследованиях / Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе // Материалы Всеросс. научно-практ. конференции в рамках XXI международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2011». Уфа: БГАУ. 2011. С. 280–283.
2. *Хафизов А.Р., Зубаиров Р.Р.* Геоморфологическая схематизация ландшафтной катены водосбора верхнего течения реки Белая // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (27). С. 114–116.
3. *Камалетдинова Л.А.* Водная мелиорация при комплексном обустройстве территорий водосборов степных зон Западного Башкортостана // Модели и технологии природообустройства. 2016. № 3. С. 33–37.
4. *Хазипова А.Ф., Хафизов А.Р.* Модель рельефа земной поверхности ландшафтных катен водосборов западного Башкортостана / Состояние, проблемы и перспективы развития // Материалы Международной научно-практ. конф., посвященной 80-летию ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ». Уфа: БГАУ. 2010. С. 213–216.
5. *Камалетдинова Л.А.* Экологическая оценка степных водосборов Западного Башкортостана с учетом основных типов хозяйствования. /Современные тенденции развития науки и технологий// Материалы XX международной научно-практ. конф.. Белгород. 2016. С. 87–90.
6. *Хафизов А.Р., Зубаиров Р.Р.* Применение тематических карт фаций для регулирования водного режима отдельных зон водосбора на примере водосбора степной зоны республики Башкортостан // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. 2015. № 7 (7). С. 130–133.
7. *Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф.* Связь между физико-географическими районами и тепловлагообеспеченностью фаций водосборов лесостепной зоны западного Башкортостана // Геоэкологические основы землустройства. 2014. № 1. С. 35–39.
8. *Хафизова А.Р., Шакиров А.В.* Экологическая трансформация инфраструктуры водосборов западного Башкортостана // Проблемы региональной экологии. 2009. № 6. С. 9–13.
9. *Камалетдинова Л.А.* Классификация и экологическое состояние водосборов степной зоны западного Башкортостана / Аграрная наука в инновационном развитии АПК// Уфа: БГАУ. 2016. С. 303–308 .

Сведения об авторе:

Камалетдинова Лилия Айратовна, аспирант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», Россия, Республика Башкортостан, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34 ; e-mail lili-ha@yandex.ru

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ФИТОРЕМЕДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кирдей Т.А.

ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия
имени Д.К. Беляева», г. Иваново, Россия
t.a.kirdey@mail.ru

Ключевые слова: гуминовые вещества, фиторемедиация, сточные воды, тяжелые металлы, свинец.

*Экологически безопасные и эффективные фиторемедиационные технологии используют для очистки сточных вод от различных загрязнителей, в том числе – токсичных тяжелых металлов. В модельном эксперименте изучено влияние гуминового препарата из торфа на фиторемедиационную способность растений элодеи канадской (*Elodea canadensis*) при высоких концентрациях свинца (1,0, 5,0 и 10,0 мг/л Pb^{2+}). Гуминовые вещества повысили накопление свинца растениями элодеи, увеличив их фиторемедиационную способность.*

HUMIC SUBSTANCES ARE A PROMISING ELEMENT OF PHYTOREMEDIATION TECHNOLOGIES

Kirdey T.A.

D.K. Belyaev Ivanovo State Agricultural Academy
Ivanovo, Russia
t.a.kirdey@mail.ru

Key words: humic substances, phytoremediation, waste water, heavy metals, lead.

*Environmentally harmless and effective phytoremediation technologies are used for cleaning waste water from different pollutants, including toxic heavy metals. The effect of the peat-based humic preparation on the phytoremediation capacity of *Elodea canadensis* plants at high concentrations of lead (1.0, 5.0 and 10.0 mg/l Pb^{2+}) in a model experiment was studied. Humic substances raised lead accumulation by *Elodea* plants, improving their phytoremediation ability.*

Химическое загрязнение водных экосистем привело к снижению их продуктивности, видового разнообразия, развитию техногенной сукцессии, ухудшению самоочищающей способности водоемов и качества воды [1, 2]. Основными источниками загрязнения поверхностных вод являются неочищенные и недостаточно очищенные промышленные, хозяйственно-бытовые и сельскохозяйственные сточные воды, а также несанкционированные сбросы с очистных сооружений [3]. Среди загрязняющих веществ особую опасность представляют тяжелые металлы (ТМ), проявляющие свойства экотоксикантов и обладающие мутагенными и канцерогенными свойствами, кумулятивным эффектом.

Для очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод с конца прошлого века разрабатываются технологии с использованием растений с целью удаления, преобразования и стабилизации загрязняющих веществ – фиторемедиация [4, 5]. Преимущества фиторемедиации заключаются в безопасности для окружающей среды, относительно низкой себестоимости, высокой эффективности. Для фитоэкстракции в технологии очистки сточных вод используют, прежде всего, макрофиты, играющие важную роль в поддержании гомеостаза водных экосистем.

Известно, что на биодоступность ТМ влияют гуминовые вещества (ГВ) – высокомолекулярные гетерогенные полидисперсные природные соединения, выполняющие

аккумулятивную, транспортную, регуляторную, физиологическую, протекторную функции в экосистемах [6]. Благодаря наличию разнообразных функциональных групп и полиэлектролитных свойств гуминовые вещества способны участвовать в окислительно-восстановительных реакциях, проявлять буферные и антиоксидантные свойства, вступать во взаимодействия с различными типами экотоксикантов – металлами, радионуклидами, органическими соединениями, снижая их токсическое воздействие на живые организмы и экосистемы [7 – 9]. Взаимодействуя с ТМ, ГВ могут как снизить [10], так и увеличить накопление металлов растениями [11], что обусловлено, по-видимому, образованием нерастворимых или растворимых солей [12].

В связи с вышеизложенным, представляется особенно важным исследование влияния ГВ на фиторемедиационные свойства растений. В модельном вегетационном эксперименте изучено влияние гуминового препарата из торфа (гумат аммония) [13] на фиторемедиационную способность макрофита элодеи канадская (*Elodea canadensis Michx*). Побеги элодеи массой $5,0 \pm 0,03$ г/л помещали по 10 шт. в трехкратной повторности в 1 л сосуды. Растения культивировали при искусственном освещении на 5 % питательной смеси Хогланда [14]. На опытных вариантах в питательный раствор добавляли нитрат свинца (1,0, 5,0 и 10,0 мг/л Pb^{2+}) без гумата или с гуматом (0,005 %). Через 14 дней инкубации определяли массу растений, содержание ионов свинца на атомно-абсорбционном спектрометре. Статистическую обработку данных проводили при помощи программы Excel с использованием дисперсионного анализа.

В результате проведенных исследований обнаружено снижение массы растений при совместном действии свинца и гуминового препарата по сравнению с контрольными растениями. Однако можно говорить только о тенденции усиления токсического действия свинца на растения под влиянием гумата, т. к. различия между вариантами не доказаны статистически.

Накопление свинца растениями элодеи канадской увеличилось с ростом концентрации раствора, причем гуминовый препарат усилил поглощение свинца побегами элодеи, повысив фиторемедиационную способность растений (рисунок). При концентрации свинца 1мг/л гуминовый препарат способствовал увеличению поглощения металла почти в 3 раза, при 5 и 10 мг/л – на 16 и 28 % соответственно. Некоторое снижение массы растений при совместном действии ГП и свинца не изменило закономерности повышения эффективности фиторемедиации в присутствии гумата.

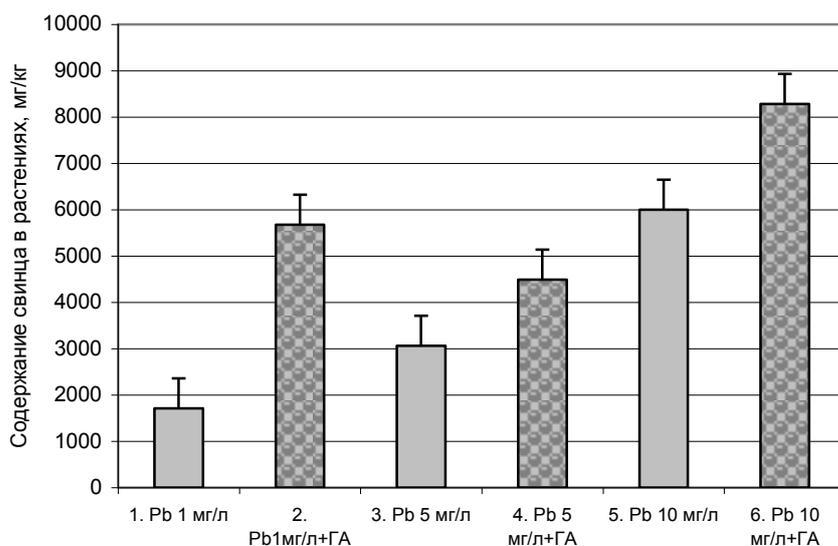


Рисунок. Влияние гумата на поглощение свинца растениями элодеи канадской (ГА – гуминовый препарат. Бары на диаграмме показывают НСР₀₅).

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено повышение накопления свинца растениями элодеи канадской в присутствии гуминовых веществ. Эксперимент показал перспективность использования гуминовых препаратов для целей фиторемедиации. Однако данное направление исследований требует глубокого изучения причин и условий усиления фиторемедиационных способностей растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соровский образовательный журнал. 1998. № 5. С. 23–29.
2. Moore M. T., Kröger R., Jackson C. R. The Role of Aquatic Ecosystems in the Elimination of Pollutants // Ecological Impacts of Toxic Chemicals. 2011. P. 225–237.
3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2015 год. Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. М. 2016. 204 с.
4. Прасад М.Н. Практическое применение растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами// Физиология растений. Обзор. 2003. Т. 50. № 5. С. 764–780.
5. Baker A.J.M. Accumulators and excluders - strategies in the response of plants to heavy metals// J. Plant Nutrition. 1981. No 3. P. 643–654.
6. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. 1990. 325 с.
7. Перминова И. В. Анализ, классификация и прогноз свойств гуминовых кислот: дис. доктора химических наук. МГУ, 2000. 359 с.
8. Линник П.Н., Жежеря В.А., Жежеря Т.П. Миграция химических элементов в системе «донные отложения-вода» поверхностных водоемов при воздействии различных факторов среды//Экологическая химия. 2016. Т. 25. № 4. С. 222–240.
9. Steinberg C.E.W., Haitzer M., Bruggemann R., Perminova I.V., Yashchenko N.Yu., Petrosyan V.S. Towards a Quantitative Structure Activity Relationship (QSAR) of Dissolved Humic Substances as Detoxifying Agents in Freshwaters // Internat. Rev. Hydrobiol. 2000. No 85. P. 253–266.
10. Wang Q., Li Z., Cheng S., Wu Z. Influence of humic acids on the accumulation of copper and cadmium in *Vallisneria spiralis* L. from sediment//Environmental Earth Sciences. 2010. Vol. 61. No 6. P. 1207–1213.
11. Evangelou M. W. H., Daghan H., Schaeffer A. The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil//Chemosphere. 2004. Vol. 57. No 3. P. 207–213.
12. Stevenson F.J. Geochemistry of Soil Humic Substances// Humic substances in soil, sediment and water. (Ed. by R. Aiken, D.M. McKnight, R.L. Wershaw, P. MacCarthy). N.Y. John Wiley & Sons. 1985. P.13–52.
13. Способ получения жидких торфяных гуматов: пат. 2310633 Рос. Федерация: МПК C05F11/02, C10F7/00/ Калинин Ю.А., Вашурина И.Ю., Кирдей Т.А.; заявитель и патентообладатель ООО Научно-производственная фирма «Недра». № 2006120883/04; заявл. 15.06.2006; опубл. 20.11.2007, Бюл. № 32. 4 с.
14. Hoagland D. R., Arnon D. E. The water culture method for growing plants without soil//Calif. Agric. Expt. Stn. Cir. 1950. P. 347.

Сведения об авторе:

Кирдей Татьяна Александровна, ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д.К.Беляева», Россия, 153012 г. Иваново, ул. Советская, 45; e-mail: t.a.kirdey@mail.ru

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА
ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА ВОЛГОДОНСКА**

Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Дандара Н.Т.
ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский
водохозяйственный центр»
г. Ростов-на-Дону, Россия
akosol@mail.ru

Ключевые слова: мониторинг, водоохранная зона, засорение, абразионные берега, берегоукрепление, свалка отходов, очистные сооружения, мониторинг.

Оценено состояние водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в пределах города Волгодонска. Выявлены типы антропогенного воздействия: засорение водоохранных зон свалками отходов, сброс неочищенных сточных вод, распашка земель, зарастание гидротехнических сооружений и др. Отмечено, что для осуществления постоянного мониторинга водоохранных зон необходимо использование современных методов обследования с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и ГИС-технологий.

**MONITORING OF THE TSIMLYANSK RESERVOIR WATER PROTECTION
ZONE WITHIN VOLGODONSK: CURRENT STATUS AND IMPROVEMENT**

Kosolapov A.Y., Skripka G.I., Ivliyeva O.V., Bepalova L.A., Dandara N.T.
Russian Information/analytical and Research Water/economic Center
Rostov-na-Donu, Russia
akosol@mail.ru

Key words: monitoring, water protection zone, clogging, abrasion banks, bank protection, waste dump, treatment facilities.

The state of the water protection zone of the Tsimlyansk reservoir within the city of Volgograd is estimated. Types of anthropogenic impact have been identified: clogging of water protection zones with waste dumps, discharge of untreated sewage, plowing of lands, overgrowing of hydraulic structures, etc. It is noted that for continuous monitoring of water protection zones, modern survey methods using unmanned aerial vehicles (UAVs) and GIS Technologies are necessary.

Экосистема Цимлянского водохранилища испытывает все возрастающее антропогенное воздействие, одним из следствий которого является превышение в его воде ПДК марганца, меди, фосфатов, сульфатов, органических соединений. Качество воды водохранилища по значению УКИЗ уже многие годы соответствует 3 классу – «загрязненная».[1, 2].

Побережье Цимлянского водохранилища характеризуется крайне неравномерным распределением антропогенной нагрузки. Максимальная концентрация населения, промышленных и других хозяйственных объектов отмечается на юго-западе левобережья водохранилища в районе расположения г. Волгодонска. Одним из механизмов, предусмотренных законодательством для защиты водных объектов от негативного антропогенного воздействия, является установление водоохранных зон (ВОЗ), в пределах которых вводятся ограничения на осуществление хозяйственной и иной деятельности. Цимлянское водохранилище имеет особо ценное рыбохозяйственное значение, поэтому, в соответствии с 65 ст. Водного кодекса РФ, границы его ВОЗ и прибрежной защитной полосы установлены на расстоянии 200 м от местоположения береговой линии.

Результаты обследований ВОЗ Цимлянского водохранилища, осуществлявшиеся сотрудниками ФГУ УВРЦВ и СевКавНИИВХ [3, 4] позволяют дать следующую характеристику их современного состояния на территории города и примыкающих к нему участков от садоводческого кооператива «Мирный атом», расположенного в районе сопряжения берега водохранилища с плотиной водоема-охладителя РоАЭС до Цимлянской ГЭС.

В целом данный участок побережья водохранилища относится к низкому ровному берегу затопления. Однако в его пределах выделяются интервалы с береговым уступом высотой от 0,5–1 м до 3–3,5 м, которые, особенно при высоком уровне воды в водохранилище, подвергаются интенсивному разрушению. Наиболее подвержены обрушению следующие участки обрывистых берегов:

- от плотины водоема-охладителя РоАЭС, вдоль участков СК «Мирный атом» на протяжении ~ 600 м;
- от устья Мокросолёновского залива до участка, который используется под пляж на протяжении ~200м;
- от выпуска ливневых сточных вод ВК-2 до водозабора № 3МУП «ВКХ» г. Волгодонска на протяжении ~ 400 м;
- в районе жилого квартала (ст. Красный Яр).

В местах, где разрушение берега угрожает жилым и хозяйственным объектам возведены берегозащитные сооружения, часть из которых сооруженахозспособом, без предусмотренных законодательством проектной документации и разрешений. Обычно для их сооружения использовался бутовый камень и строительные отходы. Общая протяженность берегозащитных сооружений на рассматриваемом интервале побережья водохранилища составляет около 5,5 км. Наиболее крупным берегозащитным сооружением является городская набережная, имеющая протяженность около 1,3 км. Она выполнена по типу вертикальной подпорной стенки из сборного железобетонного анкерного шпунта, в верхней части завершенного парапетом из железобетонных блоков.

Нередко наблюдается зарастание берегозащитных сооружений, включая и городскую набережную, древесно-кустарниковой растительностью, что ведет к их разрушению. Во многих местах, в т. ч. и на городском пляже, отмечается зарастание пологих берегов водохранилища травянистой и древесно-кустарниковой растительностью, а его мелководной части – камышом.

В ВОЗ в черте города располагается большое количество хозяйственных объектов, часть из которых в настоящее время не эксплуатируется. Особенно высокая концентрация объектов, в т. ч. промышленных предприятий, отмечается на побережье Сухосолёновского залива. Всего на рассматриваемом участке ВОЗ водохранилища располагается 6 водозаборов, 10 водосбросных сооружений, 7 причалов и стоянок судов, в т. ч. порт.

Приоритетными источниками загрязнения воды водохранилища в границах города являются различной степени загрязненности сточные воды жилищно-коммунального хозяйства (78–85 %) и промышленных предприятий города (22–15 %) [4]. Следует отметить, что роль этого негативного фактора пока только возрастает. Так сброс загрязненных сточных вод без очистки составил в 2014 г. – 1,52 млн м³, а в 2015 г. – 2,42 млн м³ [3]. При этом не учитываются объемы загрязняющих веществ, поступающих через сбросы городской ливневой канализации, необорудованные приборами учета. Всего в городе пять самостоятельных сбросов ливневой канализации, по которым осуществляется сброс непосредственно в водохранилище или в его заливы, но только один водосточный коллектор оборудован очистными сооружениями, предназначенными для механической очистки сточных вод.

Острой проблемой является нахождение в ВОЗ водохранилища большого числа несанкционированных свалок и свалочных очагов отходов производства и потребления, стихийно возникающих на свободных городских землях, а также на территориях садоводческих товариществ или хозяйственных объектов разной формы собственности. Так,

администрацией города в 2013 г. выделено 9 наиболее захламленных участков свободных городских земель, большая часть которых полностью или частично находится в границах ВОЗ. При обследовании ВОЗ ФГУ УВРЦВ в 2015 г. было зафиксировано 10, а в 2016 г. 5 скоплений бытовых и строительных отходов, наиболее крупное из которых расположено на правом берегу Сухосолёновского залива и имеет площадь около 1,5 га. При этом мониторинг территории природоохранными структурами показывает, что до 50 % зачищенных мест захламливаются повторно, иногда даже параллельно с зачисткой.

Еще одним нарушением требований законодательства является распашка земли, зафиксированная в 2016 г. на правом берегу Мокросолёновского залива.

Таким образом, можно констатировать, что ВОЗ Цимлянского водохранилища на описываемом участке не в полной мере обеспечивает функции по защите водного объекта от негативного антропогенного воздействия. Более того, нередко расположенные в ее границах объекты техногенного происхождения являются источниками загрязнения вод водохранилища.

Своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды водных объектов и их состояние, информационное обеспечение органов управления, в т. ч. осуществляющих экологический надзор возлагается на органы, осуществляющие государственный мониторинг водных объектов (ГМВО).

Мониторинг состояния и соблюдения режима использования ВОЗ Цимлянского водохранилища осуществляется ФГУ УВРЦВ, сотрудниками которого в соответствии с бассейновой программой осуществления ГМВО по Донскому бассейновому округу один раз в год, преимущественно в период с мая по август, проводятся объезды побережья водохранилища с целью обследования ВОЗ. Информация о выявленных нарушениях передается в управление Росприроднадзора для принятия соответствующих мер.

Учитывая, что обследования водоохраной зоны Волгодонска и примыкающих к нему территорий обычно продолжаются не более 7 дней, приходится констатировать, что большую часть времени эти территории никем не контролируются.

Значительная протяженность ВОЗ водохранилища, наличие недоступных для автомобильного транспорта, а иногда и пеших маршрутов, участков делают практически невозможным осуществление регулярных наблюдений за их состоянием традиционными методами наземных обследований.

Не в полной мере отвечает современным требованиям и существующая практика систематизации и анализа полученных в результате мониторинга данных, передачи актуализированной информации правоохранительным органам и органам исполнительной власти, осуществляющим управление хозяйственной и иной деятельностью на территории ВОЗ, что не способствует оперативному принятию мер по ликвидации выявленных нарушений режима использования ВОЗ, разработке и реализации мероприятий по предотвращению негативного развития природных процессов и ликвидации их последствий.

Радикально изменить ситуацию возможно за счет создания на базе беспилотных летательных аппаратов (далее БЛА) и ГИС-технологий программно-аппаратных комплексов для проведения мониторинга состояния и соблюдения режима использования ВОЗ.

Применение БЛА позволит не только увеличить частоту обследований, но и осуществлять наблюдения на труднодоступных участках. Получаемая с помощью БЛА информация должна оперативно поступать в базы данных ГИС-проекта «Мониторинг состояния ВОЗ», который обеспечит не просто визуализацию получаемой информации, но даст возможность ее системного анализа с учетом комплекса природных и антропогенных факторов, позволит выявлять тенденции развития негативных ситуаций, отслеживать выполнение мероприятий по устранению выявленных нарушений и принятию мер по предотвращению развития опасных природных процессов, обеспечит возможность обратной связи с органами государственной власти и местного самоуправления, а также с природоохранными и правоохранительными структурами.

Реализация предлагаемых мер, на наш взгляд, может существенно повысить эффективность мониторинга состояния и соблюдения режима использования водоохранных зон водных объектов.

Разработка инструктивно-методических материалов по созданию такого программно-аппаратного комплекса для мониторинга ВОЗ Цимлянского водохранилища в настоящее время осуществляется РосИНИВХЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2013 году». Ростов-на-Дону. 2014.
2. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году». Ростов-на-Дону. 2016.
3. Отчеты по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища (в границах административных районов Ростовской и Волгоградской областей) / ФГБУ УВР ЦВ. Цимлянск. 2013.
4. Отчет о натурных обследованиях Цимлянского водохранилища и его береговой зоны, выполненных в 2012–2015 гг. по водным, автомобильным и пешеходным маршрутам / СевКавНИИВХ. 2015.

Сведения об авторах:

Косолапов Алексей Евгеньевич, директор, ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (ФГБУ РосИНИВХЦ), Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, 174; e-mail: akosol@mail.ru

Скрипка Григорий Иванович, заведующий отделом НИР и ОКР по восстановлению и охране водных объектов, ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (ФГБУ РосИНИВХЦ), Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, 174.

Ивлиева Ольга Васильевна, ведущий сотрудник, ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (ФГБУ РосИНИВХЦ), Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, 174; e-mail: ivlieva.o@mail.ru

Беспалова Людмила Александровна, ведущий сотрудник, ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (ФГБУ РосИНИВХЦ), Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, 174.

Дандара Николай Титович, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (ФГБУ РосИНИВХЦ), Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, 174.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАДАЧИ ИХ ОХРАНЫ
НА ТЕРРИТОРИИ УПРАВЛЕНИЯ АХУРЯНСКОГО БАССЕЙНА**

Маргарян В.Г.

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения
vmargaryan@ysu.am

Ключевые слова: водные ресурсы, использование и охрана, проблемы, территория управления Ахурянского бассейна.

Проанализировано современное состояние использования и охраны водных ресурсов изучаемой территории, подняты важнейшие вопросы этой сферы, определены закономерности пространственного распределения водных ресурсов, обсуждена динамика изменения речного стока, выяснена уязвимость водных ресурсов в рамках воздействия изменения климата. Предложены пути эффективного использования и охраны водных ресурсов.

**PRESENT SITUATION OF SURFACE WATER RESOURCES USING AND
ISSUES OF THEIR PROTECTION ON THE TERRITORY OF THE
AKHOURYAN BASIN MANAGEMENT**

Margaryan V.G.

Yerevan State University, Faculty of Geography and Geology, Yerevan, Armenia.
vmargaryan@ysu.am

Key words: water resources, using and protection, problems, territory of the Akhouryan basin management.

The current situation with the studied area water resources use and protection have been discussed in the article. It clarifies important problems of the sphere, cleared and analyzed the regularities of spatial distribution of water resources, discusses the dynamics change of river runoff, clears the vulnerability of water resources because of influence of climate change, suggests the ways of effective using and protection of water resources.

Рациональное использование и охрана водных ресурсов очень важная и одновременно сложная задача. Актуальность проблемы заключается в том, что вода используется во всех сферах экономики, объем потребления воды из года в год увеличивается и в результате деятельности человека происходит загрязнение водных ресурсов. С другой стороны, запасы воды ограничены, не все районы обеспечены местной водой, а ее переброска связана с большими затратами.

Учитывая вышесказанное, целью работы явилось выявление и оценка современного состояния и задач эффективного использования и охраны водных ресурсов изучаемой территории. Необходимо выяснить и проанализировать закономерности пространственно-временного распределения водных ресурсов, уязвимости водных ресурсов в рамках воздействия изменения климата, разработать пути эффективного их использования и охраны. Для решения поставленных задач теоретической и информационной основой послужили соответствующие исследования, социально-экономические программы и программы перспективного развития, проекты, отчеты, решения правительства Армении. В качестве исходного материала использованы данные фактических гидрометеорологических наблюдений МЧС Республики Армения, Службы по гидрометеорологии и активному

воздействию на атмосферные явления и Национальной статистической службы Республики Армения. В работе применены методы: характеристики, ситуационный, системный, математико-статистического анализа, математический, сопоставления и сравнения, анализа, корреляционный.

Отметим, что на изучаемой территории в настоящее время количественный мониторинг вод осуществляется на 11 речных и 2 озерных водомерных постах Ахурянского бассейна, на Арпиличском и Ахурянском водохранилищах, а в бассейне Мецамора – на 4 речных водомерных постах, из которых один – на реке Аракс (рис. 1). В разные периоды действовали 35 водомерных постов (в Ахурянском бассейне – 29, в Мецаморском бассейне – 6). Некоторые водомерные посты действуют с 1912–1913 гг.

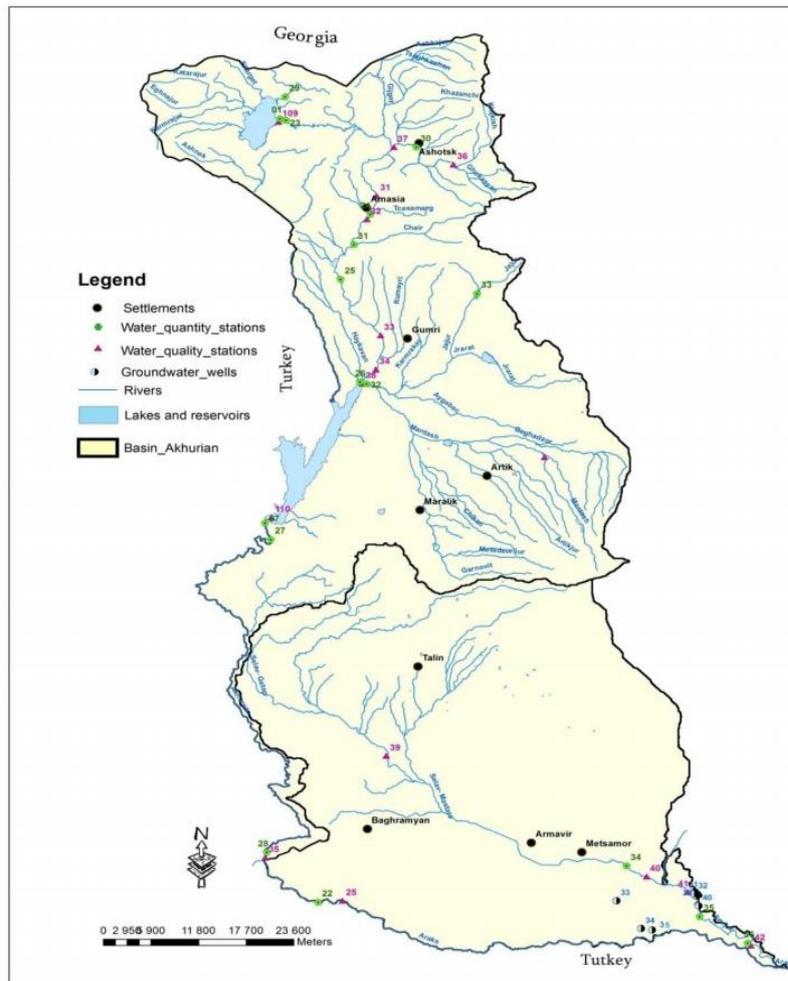


Рис. 1. Государственная сеть наблюдений за качеством и количеством поверхностных и подземных вод [1].

В территорию управления Ахурянского бассейна входят водосборные бассейны Ахуряна и Мецамора (без Касаха) общей площадью 5029 км². Изучаемая территория выделяется сравнительной нехваткой водных ресурсов и сильно неравномерным распределением. Речная сеть полностью принадлежит бассейну р. Аракс.

Благодаря особенностям рельефа, климата и гидрогеологической структуры, изучаемая территория выделяется сравнительно слабо развитой гидрографической сетью, слабым поверхностным стоком, неравномерным распределением водных ресурсов [4]. Необходимо добавить, что основная водная артерия – р. Ахурян – большей частью своего течения приграничная и протекает по глубокому ущелью, следовательно, мало используется. В бассейне Ахуряна густота речной сети составляет 0,53, в бассейне Мецамора – 0,40 км/км²

(средняя по республике – около 0,81 км/км²). Речная сеть более густая в верхнем течении, в пределах котловины Верхнего Ахуряна. В северной части региона, где нет необходимости орошения, воды изобильные, а на юге, где орошение необходимое условие для сельского хозяйства, чрезмерно не хватает воды.

В бассейне Ахуряна естественных озер мало. Единственное крупное озеро Арпилич, которое до 1951 г. было в естественном состоянии, а затем было преобразовано в озеро-водохранилище. Воды бассейна используются для орошения и с целью производства энергии на Гюмрийской ГЭС. Кроме водохранилища Арпилич в бассейне Ахуряна насчитываются также 8 маленьких озер общей площадью 0,15 км². В бассейне Мецамора маленьких озер много (около 21), сравнительно большое из них Мецамор (Акналич, Айгр). Воды озера используются для питья, орошения, рыборазведения и в технических целях.

На изучаемой территории построены и строятся водохранилища, которые используются в целях орошения, рыборазведения и гидроэнергетики. В водохранилищах бассейна Ахурян за год резервируется более 600 млн м³ воды, из-за чего сток рек более или менее регулируется. В отличие от Ахуряна, в бассейне Мецамора водохранилища построены на реках (ручьях), имеющих временный сток, с целью накопления талых вод. Это не оказывает существенного влияния на гидрологический режим рек. Ахурянское водохранилище – самое крупное водохранилище (объем 525 млн м³) Ахурянского бассейна, а также Армении, воды которого используются с целью орошения Араратской долины, из водохранилища вода отпускается полностью автоматизированной системой.

В водных ресурсах региона некоторую роль играют также имеющие большое распространение пресные и минеральные подземные воды. Здесь находится второй по величине крупный артезианский бассейн территории Армении (артезианский бассейн Ширак). Артезианские воды также в основном используются в целях орошения, дополняя нехватку оросительной воды региона. Однако эти воды нужно использовать эффективно, чтобы это не стало причиной образования новых бассейнов и формирования пустот на месте старых, т. к. это будет иметь тяжелые последствия для сейсмически опасной Ширакской зоны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Воды региона используются в целях орошения, гидроэнергетики, питья и бытовых нужд, рыборазведения, потребностей промышленности (особенно пищевой и легкой). Согласно разрешениям по состоянию на 1 января 2016 г. общий водозабор составил 1335,2 млн м³ (табл. 1). Большая часть водозабора – поверхностный водозабор (1117,1 млн м³ или 83,7 % от общего водозабора). Возвратные воды образуются от водопотребления энергетики и рыборазведения. Наибольший водозабор осуществляется с целью производства гидроэнергии, а также орошения, наименьший объем водозабора – в промышленных целях. Водные ресурсы имеют большие рекреационные возможности, однако, в настоящее время их потенциал не используется в полном объеме. Их эффективное использование для экономики региона будет иметь решающее значение и принесет большой доход.

Значительная часть водозабора изучаемой территории (по состоянию на январь 2016 г. около 40,8 % от общего водозабора) приходится на орошение. Поверхностные воды, используемые для орошения, в среднем к 2030 г. полностью будут удовлетворять водопотребности региона. Однако в недалеком будущем необходимо будет построить новые водоканалы или насосные станции для переброски воды из бассейна Мецамор в бассейн Ахуряна [5]. Отметим, что в системе орошения пока что есть серьезные проблемы, связанные с плохим состоянием подструктур, по этой причине потери воды в сети составляют около 40–50 %.

Таблица 1. Водопотребление территории управления бассейна Ахурян на январь 2016 г. [5]

| Цель водопотребления | Ахурянский бассейн | | Мецаморский бассейн | | Территория управления бассейна Ахурян | |
|----------------------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------------------------|------------|
| | млн. м ³ | % | млн. м ³ | % | млн. м ³ | % |
| Орошение | 429,8 | 41,31 | 115,1 | 39,07 | 544,9 | 40,81 |
| Гидроэнергетика | 541,1 | 52,00 | 69,6 | 23,63 | 610,7 | 45,74 |
| Промышленная | 0,3 | 0,02 | 32,8 | 11,13 | 33,1 | 2,47 |
| Питьевая-бытовая | 54,1 | 5,20 | 28,6 | 9,71 | 82,7 | 6,19 |
| Рыборазведение | 15,3 | 1,47 | 48,5 | 16,46 | 63,8 | 4,78 |
| Всего | 1040,6 | 100 | 294,6 | 100 | 1335,2 | 100 |

В последние годы на территории управления бассейна Ахуряна интенсивными темпами началось строительство малых гидроэлектростанций, т. к. процесс строительства ГЭС малой мощности считается ведущим направлением развития возобновляемой энергии. В настоящее время на территории управления бассейна Ахуряна действуют 12 малых ГЭС общей мощностью 27180 квт. Малые ГЭС оказывают существенное давление на водные ресурсы, нарушая экологическое состояние на отдельных участках р. Ахурян, меняя их гидрологический режим.

На территории управления бассейна Ахуряна водоиспользование в питьевых и бытовых целях является одной из основных отраслей экономики. Несмотря на то, что населенные пункты в основном обеспечены питьевой водой, однако пока что ряд из них, особенно районы Артик и Ани, имеют большие проблемы, которые усложняются в связи с перенаселением и неравномерным распределением водных ресурсов. Канализационная система также имеет серьезные проблемы. Она сдана в эксплуатацию очень давно, находится в плохом состоянии и подлежит капитальному ремонту. Из-за изношенности сети потери водоснабжения составляет 60–70 %. Зоны санитарной охраны отсутствуют.

В последние годы в области снабжения питьевой водой и канализации начались и продолжают некоторые улучшения, которые будут преследовать цель повысить надежность эксплуатации этих систем и их эффективность, сократить потери воды и улучшить качество услуг водоснабжения и канализации. Значительно улучшилась доступность централизованного водоснабжения (в особенности в сельских местностях), частично решен вопрос хозяйств, пользующихся привозной водой, улучшилась средняя суточная продолжительность водоснабжения.

Рыборазведение сравнительно новая и развивающаяся перспективная отрасль в Армении. На изучаемой территории в настоящее время действуют 85 рыбных хозяйств с разрешенным водопотреблением 63,8 млн м³ в год и с разрешенным возвратным стоком 59,4 млн м³. С целью рыборазведения разрешенный водозабор за год составляет 4,8 % всего водозабора, часть которого в прудах для рыборазведения испаряется. Водозабор в основном осуществляется из 176 высококачественных подземных источников воды. Причем, с целью рыборазведения большое количество воды используется в речном бассейне Мецамора. Здесь из-за большого количества водозабора существенное давление оказывается на поверхностные и подземные воды р. Мецамор. Большое количество воды, использованное из подземных водных ресурсов Арагатской долины, поверхностным стоком впадает в реки Мецамор и Аракс и вытекает из республики. В Ахурянском бассейне рыбное производство не оказывает ощутимого влияния на количество и качество поверхностных и подземных водных ресурсов бассейна. С целью рыбного производства в результате использования подземных вод сток р. Мецамор в верхнем течении за период с 1983–2014 гг. уменьшился приблизительно в 6 раз [5].

В промышленных целях водозабор осуществляется в основном в отраслях пищевой и легкой промышленности (в Ахурянском бассейне – также в горнодобывающей промышленности). Годовое количество воды, используемое в промышленных целях, составляет 2,47 % от всего водозабора. Основная отрасль промышленности – перерабатывающее производство, 88 % которого составляет производство пищевых продуктов, т. е. водозабор в основном осуществляется из подземных источников воды [5]. Воздействие на качество воды высокое.

Для эффективного использования и охраны водных ресурсов необходимо знание динамики изменения внутригодового и пространственного распределения стока [2, 3]. В настоящее время стало значительным воздействие человека на внутригодовой режим стока, связанное с нарушением основного состояния водных объектов, что приводит к его перераспределению внутри года.

На территории управления Ахурянского бассейна по состоянию на 2016 г. естественный сток составляет 25935 млн м³, из которых используется 2292,9 млн м³ [5].

В реках Ахурянского бассейна весенние половодья наблюдаются в период с марта по июнь. В период весенних половодий по рекам проходит 35–90 % годового стока. За исключением маленьких селевых и имеющих временный сток притоков, максимальные расходы рек в основном проходят в апреле и мае. В маловодный период (летне-осенний и зимний) по рекам проходит 10–65 % годового стока. Он более продолжительный и может длиться около 8–9 месяцев, что касается р. Мецамор, ее речной сток в течение года распределяется почти равномерно, а приток Мецамора – Мастара – имеет временный сток. В меженный период он почти высыхает, а во время половодий расход может достичь 150 м³/с и более. В системе речной сети есть небольшие речки, часть которых в летние месяцы пересыхает.

Таблица 2. Внутригодовое распределение (%) речного стока (млн м³) на территории управления бассейна Ахуряна в замыкающих створах рек

| Река - пост | Характеристики | I- III | IV- VI | VII- IX | X- XII | VII- VIII | IV- X |
|------------------------|--------------------|--------|--------|---------|--------|-----------|-------|
| Ахурян – Айкадзор | млн м ³ | 46,8 | 322,9 | 439,7 | 111,3 | 334,9 | 824,6 |
| | % | 5,08 | 35,1 | 47,8 | 12,1 | 36,4 | 89,6 |
| Дзорагет – Дзоракерт | млн м ³ | 0,94 | 5,41 | 1,54 | 0,93 | 1,13 | 7,30 |
| | % | 10,7 | 61,4 | 17,4 | 10,5 | 12,8 | 82,8 |
| Иллигет – Джрадзор | млн м ³ | 2,77 | 7,35 | 3,05 | 2,48 | 2,15 | 11,2 |
| | % | 17,8 | 47,2 | 19,3 | 15,7 | 13,7 | 71,9 |
| Каркачун – Карибджанян | млн м ³ | 7,76 | 11,4 | 5,28 | 7,84 | 15,0 | 19,4 |
| | % | 24,1 | 35,2 | 16,4 | 24,3 | 46,5 | 60,1 |
| Мецамор – Ранчпар | млн м ³ | 194,0 | 175,5 | 103,7 | 170,2 | 65,3 | 328,6 |
| | % | 30,0 | 27,1 | 16,0 | 26,3 | 10,1 | 50,8 |

В работе изучена также динамика значений стока рек в замыкающих створах. Выяснилось, что в Ахурянском бассейне преимущественно наблюдается тенденция роста годовых расходов воды, а в Мецаморском бассейне – тенденция снижения. Поэтому необходимо в высотных котловинах региона, в маленьких озерах и водохранилищах по возможности накопить талые и дождевые воды с целью использования в период маловодья.

Анализ показывает, что к 2022 г. водопотребность возрастет приблизительно на 9,3 %. Несмотря на то, что в общем по бассейну дефицита нет, тем не менее в Ахурянском бассейне наблюдается годовой дефицит около 111 млн м³, который в ближайшие 6 лет возрастет в связи с сокращением водопредложения и достигнет за год около 174 млн м³ [5].

Для решения проблемы эффективного использования и охраны водных ресурсов необходимо обратить внимание не только на изучение количественных, а также и

качественных их показателей. На загрязнение вод рек изучаемой территории влияют коммунально-бытовое стоки, сбросы пищевой промышленности (в Ахурянском бассейне также и горнодобывающей промышленности), стоки животноводства, перегруженность пастбищ, рыбозагрязнение, места скопления твердых отходов. Все городские места утилизации мусора на территории управления Ахурянского бассейна находятся в ненадлежащем состоянии: растет их отрицательное воздействие на окружающую среду и водные ресурсы. В настоящее время утилизация мусора и отходов в речном бассейне не производится полноценно.

Реки региона имеют высокую степень загрязнения. Несмотря на то, что в годы после землетрясения резко сократилось загрязнение водных объектов промышленными сточными водами, однако увеличилось органическое и бактериологическое загрязнение. Особенно резко изменилось качество воды в реках, текущих по городам Гюмри, Артик, Маралик. Водоочистительные станции работают не в полную мощность. Кроме того, летом в воздухе увеличивается количество пыли, а зимой – дыма и других ядовитых веществ, которые вместе с атмосферными осадками попадают в реки, собираются в озерах и впитываются в почву, образуя дополнительное количество загрязнения, особенно – во взвешенном состоянии. Загрязненность особенно велика в летне-зимний маловодный период.

Отметим, что за последние годы в области управления и охраны водных ресурсов Республика Армения достигла значительного законодательного и институционального уровня развития, который в основном направлен на внедрение интегрированного управления и применения водных ресурсов в стране. Несмотря на осуществляемые работы, в регионе пока что остается актуальной проблемой неэффективное использование и охрана вод: во многих населенных пунктах не решены вопросы питьевой воды, очищения воды, канализации, водоснабжения, а также выноса мусора. В регионе водных ресурсов остро стоят вопросы загрязнения воды и обеспечения населения чистой водой. Для решения этих проблем необходимо предпринять эффективные шаги, в частности, путем строительства новых водочистительных станций и ремонта старых.

Таким образом, проблемы эффективного использования и охраны водных ресурсов связаны не с недостатком воды, а с изношенностью систем водоснабжения, отсутствием необходимых ресурсов для охраны и ремонта, наличием утечки и потери, отсутствием должного внимания со стороны общин, отсутствием должного уровня взимания платы за снабжение водой, проблемами качества воды, отсутствием водомеров. Головные структуры системы водоснабжения не имеют зон санитарной охраны, подаваемая населению вода в основном не дезинфицируется. Необходимо:

- непрерывное, количественное и качественное, всестороннее, систематизированное наблюдение за водными ресурсами;
- экосистемное изучение водных ресурсов;
- снижение и предотвращение потерь воды в процессе использования воды, экономия воды и вторичное использование;
- ремонт и эксплуатация оросительных сетей, гидротехнических сооружений, глубинных скважин, насосных станций, очистительных станций, построение новых, постепенное внедрение современных технологий;
- строгое запрещение использования питьевой воды в иных целях или в крайнем случае взимание платы в многократном размере установленного тарифа;
- усовершенствование вопросов технического и организационного характера метрологии фактических объемов водопотребления;
- улучшение услуг водоснабжения и канализации;
- предотвращение загрязнения воды, улучшение качества и контроль;
- соблюдение санитарных норм водных ресурсов, создание санитарных зон и расширение их сети;
- составление природоохранных программ, направленных на ликвидацию вредных последствий на окружающую среду вследствие использования недр,

осуществление комплексных мероприятий, создание мест для сбора и хранения отходов;

- крупные финансовые инвестиции со стороны государства и зарубежных донорных организаций;
- участие общин и широких слоев населения в вопросах использования и охраны природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Закарян Б.Г.* Характеристика и давление на территории управления Ахурянского бассейна. ООО «Геоинфо», Армения, Ереван. Режим доступа: http://awhhe.am/downloads/wh_protocol/9sc-presentations/8-Akhuryan.pdf
2. *Маргарян В.Г.* Проблемы использования и охраны водных ресурсов в регионе Вайоц Дзора. Казантип-Эко-2014. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения: сб. трудов XXII Международной научно-практ. конференции. Харьков. 2014. Т. 2 / ГП «УкрНТИЦ «Энергосталь». Х.: НТМТ, 2014. С. 251–258.
3. *Маргарян В.Г.* Проблема охраны водных ресурсов и снижения рисков на территории Ширака Республики Армения / Водное хозяйство России: достижения, проблемы, перспективы. Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург. ФГУП РосНИИВХ, 2014. С. 173 – 184.
4. *Мнацаканян Б.П., Аджамоглян А.Г.* Климат и воды Ширака. Ереван:Зангак. 2005, 168 с.
5. «Об одобрении программы плана управления территории бассейна Ахуряна на 2017–2022 годы». Проект. 258 с.

Сведения об авторе:

Маргарян Вардуи Гургеновна, доцент, Ереванский государственный университет. Армения, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, 1; e-mail vmargaryan@ysu.am

**ДИНАМИКА КОМПЛЕКСНОЙ БИОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
НА КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ И ЕГО ПРИТОКИ
В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Минакова Е.А.

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

Шлычков А.П.

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,

г. Казань, Россия

ekologyhel@mail.ru

Ключевые слова: биогенные вещества, эвтрофикация, сбросы, комплексная биогенная нагрузка, управление антропогенной нагрузкой.

Приведены результаты оценки загрязнения Куйбышевского водохранилища и его притоков в пределах Республики Татарстан сбросами биогенных веществ за период 1999–2014 гг. Рассчитан вклад азота аммонийного, нитрат-ионов, нитрит-ионов и фосфат-ионов в комплексное биогенное загрязнение (КБН). Установлено, что наметилась высокая тенденция снижения величины вклада азота аммонийного в КБН, а также высокая тенденция роста величины вклада нитрат-ионов. Тенденция изменения величины вклада нитрит-ионов и фосфат-ионов в комплексное биогенное загрязнение не выявлена.

**COMBINED BIOGENIC LOAD DYNAMICS FOR KUIBYSHEV RESERVOIR
AND ITS INFLOWS WITHIN THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

Minakova E.A.

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Slychkov A.P.

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

ekologyhel@mail.ru

Keywords: biogenic substances, eutrophication, industrial and domestic waste waters, combined biogenic load, anthropogenic load management.

The results of an assessment of pollution of the Kuibyshev reservoir and its inflows within the Republic of Tatarstan by discharge of biogenic substances during 1999-2014 are given in article. Ammonia nitrogen, nitrate ions, nitrite ions and phosphate ions contribution to combined biogenic pollution has been calculated. It is established that high tendency to decreasing of the ammonia nitrogen contribution to CBP, and also high tendency to growth of the contribution of nitrate ions have been found in CBP. The tendency to changing of the nitrite ions and phosphate ions contribution to CBP has not been revealed.

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 [1]. 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 [2]. И это далеко не полный перечень наиболее значимых факторов, которые обуславливают загрязнение водных ресурсов Куйбышевского водохранилища и его притоков.

На долю Волжского бассейна приходится более трети общего сброса сточных вод в Российской Федерации [3]. Однако, несмотря на высокую обеспеченность региона биологическими очистными сооружениями (БОС), в водные объекты поступает большое количество загрязняющих веществ ввиду низкой эффективности БОС. Практически все водные объекты бассейна р. Волги подвержены антропогенному воздействию, среднегодовые концентрации многих загрязняющих веществ превышают предельно допустимые, а качество воды большинства из них не отвечает нормативным требованиям. В настоящее время вклад антропогенной нагрузки в формирование качества водных ресурсов Республики Татарстан уже соизмерим с природными факторами [4–5].

Исследования, проведенные Институтом экологии Волжского бассейна РАН в 1997–2010 гг. на Средней и Нижней Волге [6], показали, что, несмотря на снижение антропогенной нагрузки за последнее десятилетие, качество волжской воды остается неудовлетворительным. По ряду гидрохимических показателей вода Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ не удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым к водоемам рыбохозяйственного назначения.

В настоящее время избыточное поступление биогенных веществ, запускающее процесс эвтрофикации водоемов и водотоков, является серьезной проблемой для большинства стран. Согласно [7], 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) [8]. 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. Анализ литературных данных показывает, что с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами в поверхностные воды поступает значительное количество биогенных веществ, особенно фосфора и азота [9–10].

В продолжение исследований [11–16], данная работа посвящена оценке загрязнения Куйбышевского водохранилища и его притоков сбросами биогенных веществ. В качестве исходных данных использованы сведения о сбросах биогенных веществ в водоемы и водотоки Республики Татарстан, приведенные в статистических сборниках «Охрана окружающей среды в Республике Татарстан», а также материалы государственных докладов «О состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан» за

1999–2014 гг. В качестве биогенных веществ рассмотрены сбросы азота аммонийного, нитрат-ионов, нитрит-ионов, фосфат-ионов.

Выполнен расчет КБН на воды Куйбышевского водохранилища и его притоков в пределах Республики Татарстан за период 1999–2014 гг. Динамика и тренд вклада азота аммонийного, нитрат-ионов, нитрит-ионов и фосфат-ионов в КБН приведена на рис. 1. Средний за 1999–2014 гг. вклад в КБН азота аммонийного, нитрат-ионов, нитрит-ионов и фосфат-ионов соответственно составлял 29,0, 26,5, 24,1 и 20,5 %. Анализ рис. 1 показывает, что за период 1999–2014 гг. отмечалась высокая тенденция снижения величины вклада азота аммонийного в КБН, высокая тенденция роста величины вклада нитрат-ионов в КБН.

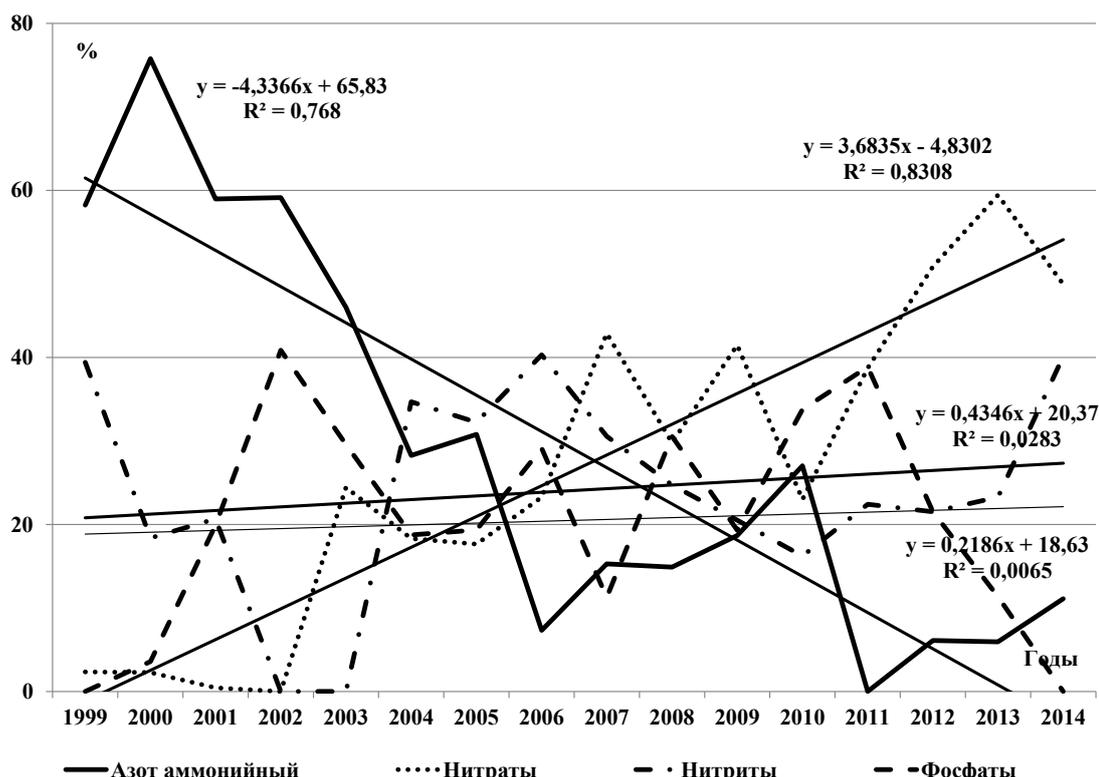


Рис. 1. Динамика и тренд вклада азота аммонийного, нитрат-ионов, нитрит-ионов и фосфат-ионов в комплексную биогенную нагрузку на воды Куйбышевского водохранилища и его притоков в пределах Республики Татарстан за период 1999–2014 гг.

В целом за рассматриваемый период величина вклада азота аммонийного в КБН изменялась в пределах 58,2–11,1 %. Максимальная величина вклада азота аммонийного в КБН 75,8 % наблюдалась в 2000 г., минимальная 6,1% в 2012 г. Величина вклада нитрат-ионов в КБН изменялась в пределах 2,3–48,8 %. Максимальная величина вклада нитрат-ионов в КБН 59,4 % наблюдалась в 2013 г., минимальная – 0,4% в 2001 г. Следует отметить, что в начале исследуемого периода (1999–2001 гг.) преобладал вклад в КБН азота аммонийного 59,0–75,8 %, а вклад нитратов составлял лишь 0,4–2,3 %. В конце периода (2011–2014 гг.) положение коренным образом изменилось: вклад в КБН азота аммонийного снизился до 6,1–11,1 %, в это же время вклад нитратов вырос до 48,8–59,4 %.

Установлено, что в период 1999–2014 гг. средний за 1999–2014 гг. вклад в КБН азота аммонийного, нитрат-ионов, нитрит-ионов и фосфат-ионов составлял 29,0, 26,5, 24,1 и 20,5 %, соответственно. В целом за рассмотренный период отмечалась высокая тенденция снижения величины вклада азота аммонийного в КБН, а также высокая тенденция роста

величины вклада нитрат-ионов в КБН. Тенденция изменения величины вклада нитрит-ионов и фосфат-ионов в КБН не выявлена.

Выявлено изменение динамики вклада биогенных веществ в КБН. В начале исследуемого периода рассчитанный вклад азота аммонийного в КБН преобладал и составлял 59,0 – 75,8 %, а к концу изучаемого периода сократился до 6,1–11,1 %, вклад нитрат-ионов в КБН к концу изучаемого периода, напротив, вырос до 48,8–59,4 %.

Полученные результаты могут быть использованы при планировании мероприятий по снижению биогенной нагрузки на воды Куйбышевского водохранилища и его притоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов / Мат-лы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. / отв. ред. Д.С. Павлов, Г.С. Розенберг, М.И. Шатуновский. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 196 с.
2. Валетдинов А.Р., Валетдинов Р.К., Валетдинов Ф.Р., Горшкова А.Т., Шлычков А.П. Способ оценки аэротехногенного загрязнения снежного покрова химическими элементами // Проблемы природопользования, устойчивого развития и техногенной безопасности регионов. Материалы пятой Международной научно-практической конференции. Ч. I. Днепрпетровск, 2009. С. 191–192.
3. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. М.: Типография ЛЕВКО, Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 88 с.
4. Качество поверхностных вод Российской Федерации в 2010 г. Ежегодник. Ростов-на-Дону. ГХИ. 2011. 552 с.
5. Качество поверхностных вод Российской Федерации в 2011 г. Ежегодник. Ростов-на-Дону. ГХИ. 2012. 552 с.
6. Волжский бассейн. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы / под ред. Г.С. Розенберга. М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации/Центр экологической политики России, 2011. 104 с.
7. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2000. 31 с.
8. Латыпова В.З. Развитие биогеохимических подходов к экологическому нормированию химической нагрузки на природные среды // Ученые записки Казанского государственного университета. 2005. Т. 147. Кн.1. С. 159–170.
9. Чернышев, Е.П., Барымова Н.А. Роль антропогенных факторов в формировании стока растворенных веществ / Е. П. Чернышев, Н. А Барымова. // Изв. АН СССР. Сер. географич. 1982. № 5. С. 52–61.
10. Peierls B., Caraco N., Pace M., Cole J. Human influence on river nitrogen // Nature. 1991. Vol. 350. No 4. P. 386–387.
11. Минакова Е.А. / Экологическое нормирование антропогенных нагрузок на водные экосистемы / Е.А. Минакова, В.З. Латыпова, Н.Ю. Степанова // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 4 (16), 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. 2012. № 5. С. 7–13.

13. *Минакова Е.А.* Учет метеорологических факторов в управлении качеством поверхностных вод (на примере рек Казанка, Свяга, Степной Зай): автореф. дисс.... канд. геогр. наук. СПб., 2004. 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 // Ученые записки Казанского государственного университета. 2005. Т. 147. 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. 2012. № 4. С. 55–61.

Сведения об авторах:

Минакова Елена Анатольевна, канд. геогр. наук, доцент, кафедра биоэкологии, гигиены и общественного здоровья, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18; e-mail: ekologyhel@mail.ru

Шлычков Анатолий Петрович, канд. геогр. наук, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, Россия, 420087, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, д. 28; e-mail: anatoliy.shlychkov@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ ВОДОУСТОЙЧИВОСТИ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Мурадов Ш.О.

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

m.oikos@mail.ru

Ключевые слова: водные ресурсы, аридные территории, водоустойчивость, природно-водохозяйственное районирование, ирригационно-мелиоративные работы, техногенно-антропогенный.

На примере Узбекистана как репрезентативной территории аридных экосистем мира даны рекомендации по улучшению водообеспеченности для идентичных районов.

PROBLEMS OF THE ARID ECOSYSTEMS WATER SUSTAINABILITY

Muradov S.O.

Karshi Engineering-economical Institute

Karshi, Uzbekistan

m.oikos@mail.ru

Keywords: water resources, arid ecosystems, water sustainability, natural and water management zoning, irrigation and reclamation work, technogenic and anthropogenic factor.

Some recommendations for improvement of water supply are presented and are recommended for identical areas of the world. World water problems concerning arid ecosystems have been overviewed.

Вода – главнейший лимитирующий и стратегический ресурс развития аридных экосистем мира. Решение вопросов водообеспеченности стало важной и сложной научно-технической проблемой современности, «...к 2030 году глобальный дефицит водных ресурсов на планете достигнет 40 %... Общепланетное потребление воды к 2050 году возрастет на 55 %» [1]. В принятых 17 новых целях для устойчивого развития до 2030 года (Саммит ООН, Нью-Йорк, 25–27 сентября 2015 г.) выделены задачи, непосредственно относящиеся к данной проблеме: цель 6. – обеспечить наличие и рациональное использование водных ресурсов и санитарии для всех. (www.un.org/sustainabledevelopment/ru/summit/).

В концепции устойчивого развития Узбекистана одной из стратегических целей развития страны определяется рационализация и эффективное земле- и водопользование. С точки зрения концептуального направления национальной природоохранной политики Узбекистан развивается в напряженной экономической, водохозяйственной и демографической и экологической обстановке [3]. Как отметил академик Н.Р. Хамраев, «...вопросы водообеспеченности приобретают все большую значимость для устойчивого развития водоемких стран» [10].

Современные собственные водные ресурсы Узбекистана составляют 9,701 км³/год, с сопредельных территорий поступает 95,642 км³/год. За пределы республики уходит 47,562 км³. Сегодня Узбекистан, как и другие государства Средней Азии, сталкивается с необходимостью поиска путей предотвращения возникших водных проблем и, прежде всего, смягчения водного дефицита [9].

В сложившихся геополитических условиях на рубеже XXI века система водопотребления Узбекистана имеет устоявшуюся структуру. Как бы подытоживая вышеприведенные факты, профессор Ноттингемского университета С.О. Хара отметила, что в регионе существуют проблемы с управлением водными ресурсами. В прилегающих к

Аралу странах необходима модернизация всей ирригационной системы, разработанной большей частью много лет назад. Приоритетным направлением модернизации ирригации и дренажа в Узбекистане и других странах Средней Азии является реализация водосберегающих мероприятий и технологий. Прежде всего – в сельхозпредприятиях. На внутрихозяйственные ирригационно-дренажные системы и полив приходится более 60 % потерь оросительной воды [4].

С учетом сложившихся реалий сформулировано новое определение водоустойчивости, под которым понимается развитие водного хозяйства в таком виде, в таких масштабах и темпах, которые обеспечат интегрированное управление водными ресурсами сегодня и в будущем. Иначе говоря, устойчивость любой экосистемы определяется водоустойчивостью, т. е. свойством водных ресурсов выполнять свои функции, которые определяются степенью оптимального обеспечения всех отраслей экономики сегодня и в будущем независимо от всевозможных антропогенных, техногенных и природных воздействий.

Принципиально обращая внимание на данную проблему, президент АН Узбекистана академик Б.С. Юлдашев подчеркнул: «Вода для региона это самая большая проблема. Для нас особенно большая проблема это эффективное использование существующей воды и засоленность почвы» (из выступления на встрече с Президентом Узбекистана, 30.12.2016). Более 52 % орошаемых земель республики подвержено вторичному засолению – деградация земель в результате антропогенной деятельности, в особенности – высокая минерализация поверхностных и грунтовых вод и засоление почв, как следствие нерационального использования орошаемых земель [7]. Принципиальные причины, вызывающие деградацию почв, многочисленны. Они сводятся к действию гидрологического, эрозионного, химического, радиологического и механического факторов. Из этих пяти причин отрицательного влияния антропогенного воздействия на почвы наименее изучена роль гидрологического фактора, определяющего возникновение разнообразных деградационных явлений [2]. Так, ученые подчеркивают, что главнейшим в мелиорации является улучшение гидрологических свойств почв и их режима [5].

Сегодня практически все исследования в области мелиоративных систем сосредоточены на выявлении воздействия на гидрологические свойства и качество воды. В концепции устойчивого развития Узбекистана в целях рационализации природопользования, государство должно предусмотреть решение следующих приоритетных задач: рационализация водосбережения во всех сферах водопотребления и восстановления качества водных ресурсов; восстановления плодородия почв, предотвращения водной и ветровой эрозии; рационального использования и охраны растительного покрова горно-предгорной и пустынно-пастбищной зон.

Особенно отмеченные выше требования актуальны для южных районов республики, являющихся репрезентативными для всех аридных зон мира, включающих Кашкадарьинский и Сурхан-Шерабадский речные бассейны. По данным В.Е. Чуба[9], собственные водные ресурсы речного стока исследуемой территории составляют 5,102 км³/год (Кашкадарьинский – 1,414; Сурхан-Шерабадский – 3,692). Если учитывать, что в республике 1 км³ орошает в среднем 78,5 тыс. га (за 1991–1995 гг.) [1], то сток региона может обеспечить около 343 тыс. га, т. е. 40,74 % имеющейся (2014) орошаемой площади (по Кашкадарьинскому – 515,84; Сурхан-Шерабадскому – 326,0; по региону – 841,84 тыс. га или 19,62 % от республиканской). Объем переброски стока из рек Амударья и Зарафшан составляет 56 % используемых на орошение водных ресурсов (9,24 км³). При этом объем дренажных сбросов составляет около 30 % общего водозабора.

Востребованность исследований по водоустойчивости усугубляется тем, что на территории Республики Узбекистан к 2015–2030 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.) изменения температуры заключены в диапазоне 1,0–2,5 °С [6]. Использование земельно-водных ресурсов и их качество в условиях изменения климата в территориальном разрезе является приоритетным направлением в социально-экономической и экологической политике страны [8].

В этом плане Президент Узбекистана Ш.М. Мирзиёев потребовал в ближайшее время представить комплекс предложений по улучшению положения дел в сфере экологии. Иными словами можно отметить, что уже давно назрела необходимость разработки районированных по отдельным природным зонам модернизированных технологий, позволяющих обеспечить водоустойчивость аридных территорий.

В настоящее время назрела проблема детальной качественной и количественной оценки водно-земельных ресурсов с учетом техногенно-антропогенного фактора и глобального изменения климата. Для решения этой проблемы впервые осуществлено районирование исследуемой территории по природно-водохозяйственным факторам, анализ динамики, минерализации и метаморфизации химического состава природных вод, выявлены закономерности, а также разработаны научные основы комплексных технических решений (деминерализация вод, субиригация, мелиорация осолонцевания, технология повышения продуктивного испарения, способ борьбы с ирригационной и ветровой эрозией, сохранение энергии почв и др.) для применения в идентичных аридных экосистемах мира.

Однозначно, не надо ждать ренатуризации водно-земельных ресурсов. Обобщая все высказывания, автором выработан комплексный экспериментально-теоретический подход в решении проблем, который получил название «водоустойчивые технологии и способы» (ВУТС). Поэтому научно-практическое обоснование гидрологических процессов в аридных экосистемах с целью повышения водоустойчивости всех отраслей экономики на основе классических методов анализа приобретает особую важность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов В.И. Водные ресурсы Узбекистана как часть общих водных ресурсов бассейна Аральского моря и их использование в современных условиях и в перспективе. В кн. Водные ресурсы, проблема Арала и окружающая среда. Ташкент:ТашГУ, 2000. С. 19 – 39.
2. Зайдельман Ф.Р. Деградация мелиорируемых почв и их защита// Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 3. С. 32 – 36.
3. Концепция устойчивого развития Республики Узбекистан. Ташкент. 1998. 13 с.
4. Михайлов В. Определение эффективности внутрихозяйственного ирригационного водосбережения//O'zbekistonqishloqxo'jaligl. 2004. № 2. С. 21 – 22.
5. Попов В.А. Продовольственная обеспеченность: проблема генной инженерии или инженерной мелиорации// Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 3. С. 14 – 16.
6. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. Ташкент: САНИГМИ, 2000. 252 с.
7. Чуб В.Е., Торьяникова Р.В. Глобальные экологические конвенции: стратегические направления действий по развитию потенциала. Ташкент: Узгидромет, 2006. 84 с.
8. Чуб В.Е., Ососкова Т.А. Изменение климата и поверхностные водные ресурсы бассейна Аральского моря// Информация об исполнении Узбекистаном своих обязательств по РКИК/ООН. Бюл. № 3.Ташкент:САНИГМИ,1999. С. 5–15.
9. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент: НИГМИ, 2007. 132 с.
10. Хамраев Н.Р. Когда расцветает земля/ Отв. ред. С.Р. Ризаев. Ташкент: Sharq, 2010. 144 с.

Сведения об авторе:

Мурадов Шухрат Одилович, и. о. профессора, Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан, 180103. г. Карши, пр. Мустаколлик, 225;
e-mail: m.oikos@mail.ru

**СУЩНОСТЬ И СОВРЕМЕННОЕ ПОНИМАНИЕ ЯВЛЕНИЯ
МЕТАМОРФИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД**

Мурадов Ш.О. Ражабова Д.А.

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан
m.oikos@mail.ru

Ключевые слова: Природные, поверхностные и подземные воды, метаморфизация, гидрология, химический тип, классификация и состав воды.

Приводится анализ и обоснование значимости теории метаморфизации химического состава природных вод как метода качественной оценки водных ресурсов.

**ESSENCE AND CONTEMPORARY INSIGHT OF THE NATURAL WATER CHEMICAL
COMPOSITION METAMORPHIZATION PHENOMENON**

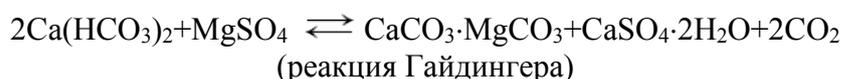
Muradov Sh.O., Rahzhabova D.A.

Karsha Engineering/economical Institute,
Karsha, Uzbekistan
m.oikos@mail.ru

Keywords: natural, surface and underground water, metamorphisization, hydrology, chemical type, classification and composition of water.

The analysis and vindication of importance of the theory of chemical composition of natural waters metamorphization as a method ofr qualitative assessment of water resources has been performed.

На реакции двойного обмена между сульфатами вод морского бассейна и выносимыми реками с суши растворенными карбонатами и бикарбонатами впервые указали А.А. Вериго и Н.С. Курнаков. Первым ученым, экспериментально и теоретически поставившим вопрос о метаморфизации рассолов, был профессор А.А. Вериго, объяснивший в 1880 г. этим процессом потерю иона SO_4 рапой Куяльницкого лимана. Н.С. Курнаков в докладе на заседании Петербургского минералогического общества 10 декабря 1896 г. эти процессы назвал метаморфизацией. Вместе с С.Ф. Жемчужным опытным путем он доказал, что взаимодействие раствора бикарбоната кальция с рапой одного из озер приводит к образованию гипса и доломита:



Большая вероятность течения реакций указанного типа обусловлена образованием стойкого нерастворимого соединения доломита. Широкое распространение в осадочных породах доломита и энергетическая «выгодность» реакции ставят ее в ряд важнейших реакций обессульфачивания [3].

Идеи метаморфизации природных вод, высказанные Н.С. Курнаковым, в дальнейшем развивались как им самим, так и многочисленными его учениками и последователями. К числу основополагающих относятся работы Н.С. Курнакова и С.Ф. Жемчужного (1917), М.Г. Валяшко (1932–1935, 1939, 1962 гг.), О.Д. Кашкарова (1938), А.Г. Бергмана (1954), Г.Н.

Каменского (1954, 1959), А.Е. Ходькова (1956, 1959, 1963), В.С. Самариной (1963, 1966, 1980, 1999), Г.Ю. Валукописа и др. [1].

В 1932 г. М.Г. Валяшко, рассматривая химический состав рассолов соляных озер, вводит три основных типа: карбонатный, сульфатный и хлоридный, устанавливает между ними генетическую связь и переход одного типа рассола в другой под влиянием процессов метаморфизации. Позже им же предложено различать прямой и обратный ход метаморфизации. Несколько позже М.Г. Валяшко дополнил свою классификацию естественных химических типов природных вод, введя еще один тип кислых вод. Однако в настоящее время имеются основания считать этот тип надтипом, объединяющим несколько самостоятельных типов.

Большой вклад в изучение процессов формирования химического состава природных вод внесли М.Г. Валяшко (1932, 1935), В.И. Вернадский (1934), Г.Ю. Валукопис (1967, 1971), О.А. Алекин (1970), Е.А. Басков (1981), К.Е.Питьева (1978), Е.В. Пиннекер (1980), Е.В. Посохов (1981), Э.И. Чембарисов (1989, 2002), Н.Н. Парфенова (1992), Л.В. Кирейчева (1993, 2004), В.С. Самарина (1999), В.Е. Чуб, Ф.Э. Рубинова (2002), Ю.Н.Иванов (2005) и многие другие ученые. К несомненным достижениям теории метаморфизации природных вод следует отнести установление общих закономерностей развития системы вода – порода – газ – органическое вещество, выявление гидрохимической зональности и связи минерализованных природных вод с галогенезом. Реакции метаморфизации, описанные Н.С. Курнаковым, в настоящее время общепризнаны и сомнений не вызывают.

Дело, конечно, не только в приоритетности термина. Любой термин можно признавать или не признавать, можно подменять другим, более привычным. Дело в том, что сущность термина «метаморфизация» полностью удовлетворяет основным принципам физико-химического анализа – непрерывности и соответствия.

В эколого-гидрогеологическом словаре дается такая трактовка метаморфизации вод: «направленное изменение состава подземных вод. Если состав вод изменяется от гидрокарбонатного к сульфатному, а затем к хлоридному, то такую метаморфизацию поверхностных вод называют прямой. Изменение состава в обратном направлении называют обратной метаморфизацией поверхностных вод [2].

Однако такие определения метаморфизации не соответствуют первоначальному содержанию этого понятия, т. к. метаморфизации состава присуща не только подземным, но и поверхностным водам, и зависит не только от физико-географических факторов. Подтверждая это, В.С. Самарина и др. отмечают, что установлен факт метаморфизации (естественной и техногенной) поверхностных и подземных вод активного водообмена. Кроме того, метаморфизация обуславливает не только накопление компонентов, но и рассеивание их, особенно в зоне гипергенеза [5].

Химический состав природных вод не остается постоянным. Природные воды, взаимодействуя с породами, водами иного состава, газами, минерализованным органическим веществом и живыми организмами, изменяют как свою минерализацию, так и содержание химических элементов. Эти изменения, обуславливающие переход от одного химического типа вод к другому, и составляют сущность процессов метаморфизации.

Циклические процессы, связанные с выпадением солей, не относятся к числу метаморфизационных по той причине, что они не способны изменить химический тип воды, например, не могут перевести воду хлор-магниевого типа в хлор-кальциевый; хлор-магниевого типа сохраняется даже при садке карналлита ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) и бишофита ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$).

В этом одно из отличий термина «метаморфизация» от более распространенного термина «формирование состава природных вод». Другое отличие состоит в том, что теория формирования природных вод рассматривает конкретную воду как конечный результат, а не как звено в цепочке прошлых и будущих изменений. Теория метаморфизации природных вод является частью таких дисциплин как гидрохимия и гидрогеохимия. Однако при этом

следует учесть, что эти термины в литературе появились сравнительно недавно – в 1920–1940-е годы.

Иногда высказываются мнения, что термин «метаморфизация» вносит терминологическую путаницу. В действительности ничего подобного не происходит. Фонетически наиболее близким к термину «метаморфизация» является термин «метаморфизм». Однако, во-первых, он относится не к водам, а к породам, во-вторых, характеризует лишь определенную стадию изменения горных пород под воздействием высоких давлений, температур и гидротермальных растворов.

В гидрологической и гидрогеологической литературе в настоящее время существуют лишь отрывочные, фрагментарные сведения о метаморфизации природных, в т. ч. поверхностных вод (учитывая то обстоятельство, что многие работы Н.С. Курнакова и М.Г. Валяшко стали библиографической редкостью). Однако, как отмечают известные гидрохимики А.М. Никаноров и Е.В.Посохов [4], следует подчеркнуть особую роль в области формирования химического состава природных вод теории метаморфизации, разработанной Н.С. Курнаковым и М.Г. Валяшко.

Отметим некоторые специфические особенности подхода теории метаморфизации к изучаемому объекту – воде.

1. Теория формирования природных вод, их особенности рассматривает, в первую очередь, как функцию от таких факторов как климат, гидрология, геоморфология, геологические, гидроэкологические условия и т. п. Теория метаморфизации не исключает такого подхода, однако главный упор делает на взаимодействия в системе вода – порода – растение.

2. Теория метаморфизации устанавливает внутренние связи между характеристиками самой воды, прежде всего – минерализацией и содержанием различных компонентов.

3. С позиций теории метаморфизации, гидрология не может рассматриваться только как наука о поверхностных водах (наземной гидросфере). Вода – неотъемлемая часть многокомпонентной системы, включающей почвы, породы, газы, органическое вещество, следовательно, объектом гидрологии в известной мере должны быть и эти составляющие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Валуконис Г.Ю., Ходьков А.Е.* Роль подземных вод в формировании месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1978. 296 с.
2. *Эколого-гидрогеологический словарь* / под. ред. Воронова А.Н. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: СПУ, 2001. 202 с.
3. *Мурадов Ш.О.* Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана. Ташкент: Фан, 2012. 376 с.
4. *Никаноров А.М., Посохов Е.В.* Гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 232 с.
5. *Самарина В.С., Гаев А.Я., Нестеренко Ю.М., Захаров В.Я., Мусихин Г.Д., Бутолин А.П.* Техногенная метаморфизация химического состава природных вод. Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 1999. 444 с.

Сведения об авторах:

Мурадов Шухрат Одилович, и. о. профессора, Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан, 180103. г. Карши, пр. Мустаколлик, 225; e-mail: m.oikos@mail.ru

Ражабова Дилфуза Алишеровна, ассистент, Каршинский инженерного экономического института, 180100, Узбекистан, г. Карши, ул. Мустақиллик 225; e-mail: m.oikos@mail.ru

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ КАРЬЕРНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Оболдина Г.А., Попов А.Н.

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

Ключевые слова: регулирование водопользования, нормативы допустимых сбросов, нормативы допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты, инструментарий оценки водохозяйственной и водоохранной деятельности.

В современных условиях происходит постоянный рост антропогенной нагрузки на природные экосистемы, что приводит к относительно быстрым изменениям структуры последних. Фиксирование экологического регресса – сложнейшая задача.

Объективный инструментарий полноценной оценки негативного воздействия текущей деятельности на природные экосистемы в российской природоохранной практике отсутствует и не существует ни одной методики оценки экологической безопасности водных объектов, которая могла быть использована в качестве основы принятия адекватных водохозяйственных управленческих решений.

Разработана комплексная оценка ситуаций изменения экологического состояния воды водных объектов под воздействием антропогенной нагрузки. Показано, что по экологическим показателям хозяйственная деятельность горно-обогатительного производства ОАО «ММК» не оказывает негативного воздействия на р. Урал по отношению к фоновому створу, расположенному в нижнем бьефе Магнитогорского водохранилища.

ASSESSMENT OF THE QUARRY WASTE WATER ANTHROPOGENIC LOAD

Oboldina G.A., Popov A.N.

RosNIIVKh, Ekaterinburg, Russia
elizgalina@mail.ru

Key words: water use regulation, permissible discharges norms, norms of permissible anthropogenic load on water bodies, toolbox for assessment of water/economic and water/protective activities.

Nowadays the anthropogenic load upon natural ecosystems continuously grows. The process causes relatively prompt changes of these ecosystem structures. Environmental regress arrest is the most difficult task.

A toolbox for objective assessment of the current activities negative impact on natural ecosystems is not available in the Russian nature/protective practice and there is not a single method of water bodies' environmental safety assessment as a basis for adequate water-related managerial decisions. A method of integrated assessment of the water bodies' water status changing under anthropogenic load has been developed.

It has been shown that economic activities of ОАО «ММК» mining plant activities does not impair the Ural River status in terms of environmental indicators in respect to background Magnitogorsk reservoir downstream.

Оценка качества воды водных объектов общего пользования в РФ выполняется по РД 52.24.643-2002 [1] путем сравнения с рыбохозяйственными нормативами качества воды, едиными для всей территории России, без адекватного учета региональных особенностей, без учёта принципов аддитивности и антагонизма, влияния солевого состава, жесткости, токсичности продуктов трансформации.

Наиболее объективным показателем антропогенного воздействия на водный объект является реакция его экосистемы, устойчивое функционирование которой происходит в некотором тренде условий (интервале концентраций, температур и пр.). «Единые критерии качества вод» представлены в унифицированной системе классификации, оценивающей степень экологического благополучия водных объектов [2], имеют международный статус, наименьшую степень субъективизма и могут быть использованы для разработки комплексных критериев оценки антропогенного регресса.

Сравнение двух систем оценки состояния водных объектов [1, 2] показало, что природная вода, отнесенная к I–II классу качества с экологических позиций [2], при оценке, выполненной по [1] относительно ПДК_{рх}, является водой III класса качества. При этом водных объектов I и II классов качества по [1] вообще не выявляется [3]. Очевидно, что классы загрязненности водных объектов и классы качества воды с экологических позиций – это разные категории.

Для достоверной оценки состояния водных объектов за рубежом упор делается на выявление типов воздействия, которые выражаются интегральными показателями качества воды (ХПК, азот общий, фосфор общий, токсичность и др.), обеспечивающими комплексную оценку динамики изменения их экологического состояния.

Ориентация на комплексные показатели соответствует требованиям технологического нормирования. Регулирование водопользования ориентируется не на индивидуальные компоненты, участвующие в технологическом процессе, а на их комбинацию, отражаемую определенными типами негативного воздействия (закисление, токсичность, эвтрофирование, засоление и др.), которые характеризуются и количественно измеряются индивидуальными маркерными показателями. Данный подход обеспечивает объективную возможность экологического ранжирования качества природных водных объектов.

Разработанный в РосНИИВХ инструментарий технического регулирования водопользования по комплексному нормированию негативных воздействий с учетом оценки состояния вод (как природных, так и сточных) на основе использования технологических показателей представлен в стандарте ГОСТ Р 57075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности» [4]. Данный инструментарий рекомендован к использованию для следующих наиболее важных процедур:

- обоснование соответствия технологий качеству НДТ (по водному фактору) для объектов хозяйственной деятельности, оказывающих значительное негативное воздействие на объекты окружающей среды;
- обоснование допустимых негативных воздействий по технологическим показателям (по водному фактору) при выдаче комплексных экологических разрешений;
- обоснование необходимого сокращения негативного воздействия хозяйственной деятельности с целью предотвращения истощения и деградации состояния водных объектов;
- получение объективных данных при проведении экологического аудита и др.

В соответствии с п. 5.1.2 ГОСТ Р 57075-2016 [4] используются следующие комплексные критерии качества воды и технологий:

- ПАН (усл. м³/м³) и др.;
- класс качества воды водного объекта с экологических позиций, находящийся в коррелируемой связи с ПАН и другими показателями качества водной среды.

С целью минимизации затрат общества документом ГОСТ Р 57075-2016 [4] предлагается «волевое» использование в качестве целевых показателей – экологических показателей определенного класса качества воды в соответствии с классификацией [3],

выполненной с экологических позиций [2]. Класс качества вод, при этом, используется в качестве интегрального комплексного показателя. Отнесение к классу качества воды с экологических позиций может быть сделано на основе нескольких оперативно определяемых показателей. В качестве базовой шкалы отсчета приняты показатели качества воды II класса.

Данные предложения не противоречат ст. 29 ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» о целесообразности использования накопленного международного опыта.

Интегральный показатель антропогенной нагрузки ПАН_i, усл. м³/м³, по конкретному типу негативного воздействия рассчитывают по формуле

$$\text{ПАН}_i = \frac{C_i}{\text{ЦП}_{i \text{ Э-НДТ}}} - 1, \quad (1)$$

где ЦП_{i Э-НДТ} – целевое значение концентрации показателя (аналита-маркера) по *i*-му типу воздействия, мг/усл. дм³, достижимое при использовании НДТ и удовлетворяющее условиям предотвращения деградации качества воды поверхностного водного объекта в соответствии с данными [4];

C_i – концентрация аналита-маркера в сточных или загрязненных природных водах, отражающего определенный тип негативного воздействия, мг/дм³.

В соответствии с п. 5.2.3 ГОСТ Р57075-2016 [4] общий показатель антропогенной нагрузки ПАН сточных или загрязненных природных вод, усл. м³/м³, по установленным типам воздействий, оказываемых технологией или комплексом технологий, определяется суммированием ПАН_i

$$\text{ПАН} = \sum_{i=1}^n \text{ПАН}_i, \quad (2)$$

где ПАН_i – ПАН *i*-го типа воздействия, усл. м³/м³; *n* – количество учитываемых типов воздействия, ед.

В соответствии с п. 5.2.9.4 и [4] степень истощения поверхностного водного объекта в результате сброса сточных вод оценивают по динамике изменения комплексных критериев (ПАН, класс качества с экологических позиций) качества вод в контрольном створе по отношению к фоновому створу.

Рассчитанные на основе данных [2] рекомендуемые значения ПАН для использования их в качестве оценочных показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1. Оценочные значения ПАН при оперативной оценке кризисности экосистемы

| № п/п | Оценочный показатель | Классы качества воды водных объектов с экологических позиций | | | | |
|-------|---|--|-----------|------------------------------|---------------------------------|----------|
| | | I | II | III | IV | V |
| | | Очень чистая | Чистая | Умеренно загрязненная | Загрязненная | Грязная |
| 1 | Кризисность экосистемы | Состояние обратимых изменений | | Пороговое уязвимое состояние | Состояние необратимых изменений | |
| 2 | Показатель антропогенной нагрузки по общим показателям [4] | < 3,5 | 3,5 ÷ 6,5 | 6,6 ÷ 19,55 | 19,6 ÷ 56,09 | > 56,1 |
| 3 | Показатель антропогенной нагрузки по общим показателям и с учетом экотоксичности ионов металлов [4] | < 3,5 | 3,5 ÷ 6,5 | 6,6 ÷ 30,55 | 30,60 ÷ 88,09 | > 216,69 |

Проведена оценка воздействий хозяйственной деятельности на примере сточных вод известнякового Агаповского и доломитового Лисьегорского карьеров ОАО «ММК». Объем карьерного водоотлива на Агаповском месторождении флюсовых известняков в последние годы в зависимости от водности лет варьирует от 22 млн м³/год до 28 млн м³/год. Объем карьерного водоотлива на Лисьегорском месторождении доломитов в среднем стабилен и составляет около 4 млн м³/год. Суммарный водоотлив с карьеров составляет около 10 % от среднегодового стока р. Урал (360–370 млн. м³/год).

Анализ многолетних рядов наблюдений лабораторией охраны окружающей среды ОАО «ММК» за данными объектами свидетельствует, что в сточных водах карьеров не обнаруживаются концентрации токсичных металлов, а также железа и марганца, превышающие ЦПэ-ндт. Это позволило не включать их в перечень при разработке нормативов допустимых сбросов. По этой же причине металлы не были включены в таблицу расчетов ПАН.

Таблица 2. Данные наблюдений за качеством воды р. Урал по УКИЗВ в контрольных створах Челябинского ЦГМС до и после створов водопользования ОАО «ММК» [5]

| Створ | УКИЗВ | Класс качества воды | Показатели, по которым улучшается качество р. Урал | Показатели, по которым ухудшается качество р. Урал |
|---|-------|---------------------|--|---|
| В черте г. Верхнеуральска | 3,1 | 3 б | | ХПК 1,6 ПДК Zn 2,8 ПДК Cu 1,5 ПДК Mn 7,7 ПДК |
| 1,0 км ниже г. Верхнеуральска | 3,94 | 3 б | | ХПК 2,0 ПДК Zn 2,9 ПДК Cu 1,7 ПДК Fe 1,2 ПДК Mn 8,5 ПДК н/пр 1,9 ПДК |
| Верхнеуральское водохранилище | 3,32 | 3 б | Zn 2,7 ПДК Mn 5,7 ПДК н/пр < ПДК | ХПК 2,3 ПДК |
| 13,0 км выше г. Магнитогорска | 2,85 | 2-3 | Zn 2,7 ПДК Cu 1,6 ПДК Mn 5,7 ПДК н/пр 1,4 ПДК | ХПК 2,1 ПДК |
| Магнитогорское водохранилище в черте города | 4,37 | 4 а | ХПК 2,0 ПДК н/пр 1,4 ПДК | Zn 3,2 ПДК Cu 2,2 ПДК Mn 8,3 ПДК н/пр 1,9 ПДК |
| Магнитогорское водохранилище в приплотинной части | 4,66 | 4 а | Zn 3,2 ПДК Cu 2,0 ПДК Mn 7,3 ПДК н/пр 1,3 ПДК | ХПК 2,2 ПДК |
| Створы водопользования Агаповского и Лисьегорского карьеров ОАО «ММК» на реках Урал и Сухая Речка | | | | |
| 18,0 км ниже г. Магнитогорска 1,2 км ниже устья р. Сухая Речка | 4,19 | 4 а | Zn 2,7 ПДК Mn 5,3 ПДК Cu 1,7 ПДК | ХПК 2,4 ПДК N(NO ₂) 1,2 ПДК SO ₄ 1,4 ПДК н/пр 1,7 ПДК |
| 0,6 км ниже с. Богдановского | 3,79 | 3 | ХПК 2,0 ПДК SO ₄ 1,0 ПДК н/пр 0,6 ПДК | Zn 3,7 ПДК Cu 2,7 ПДК Mn 6,7 ПДК |

По данным Челябинского ЦГМС – филиала ФГБУ «Уральское УГМС» – наблюдения за качеством воды р. Урал в зоне водопользования ОАО «ММК» ведутся в пяти створах наблюдений. В табл. 2 представлены данные за 2015 г. [5].

Анализ УКИЗВ показывает, что после створов водопользования Агаповского и Лисьегорского карьеров ОАО «ММК» качество реки Урал и Сухой Речки существенно улучшается. Более чистая по ряду показателей вода карьерных водоотливов не наносит вреда поверхностным водным объектам. При этом однозначно выявляется фон по марганцу, цинку, меди. Более конкретных выводов УКИЗВ не обеспечивают.

В результате непрозрачности принятой системы нормирования предприятие выплачивает огромные платежи за сверхнормативные сбросы марганца и сульфатов.

Для примера в табл. 3 приведено качество сточных вод Агаповского карьера, качество воды в р. Урал в фоновом и контрольном створах и соответствующие им расчетные значения ПАН.

Таблица 3. Качество сточных вод Агаповского карьера, качество воды в р. Урал в фоновом и контрольном створах водопользования и соответствующие им значения ПАН по общим показателям (базовым анализам-маркерам)

| Аналит | Качество пробы воды | | | ЦПЭ-ндт [4] | Показатель антропогенной нагрузки (ПАН) | | |
|---|-----------------------|--|---------------------------|-------------|---|----------|------------|
| | в фоновом створе (Сф) | сточные воды Агаповского карьера (Ссв) | в контрольном створе (Ск) | | ПАНф | ПАНсв | ПАНк |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Н аммония, мг/дм ³ | 0,085 | □ 0,05 | 0,29 | □□□ | 0 | 0 | 0 |
| Н нитритов, мг/дм ³ | 0,039 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,95 | 0 | 0,5 |
| Н нитратов, мг/дм ³ | 0,39 | 1,15 | 0,54 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Р фосфатов, мг/дм ³ | 0,14 | □ 0,05* | 0,057 | □□□ | 0,4 | 0 | 0 |
| ХПК, мг О ₂ /дм ³ | 19 | 5,9 | 30 | 10 | 0,9 | 0 | 2 |
| БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³ | 1,8 | 0,53 | 1,7 | | | | |
| Взвешенные вещества, мг/дм ³ | 14,4 | 35 | 12,4 | 5 | 1,88 | 6 | 1,48 |
| Водородный показатель, ед. рН | 8,72 | 7,66 | 8,36 | | 2,2 | 0 | 0 |
| Сухой остаток, мг/дм ³ | 315 | 987 | 407 | 500 | 0 | 4,87 | 0 |
| Железо общее, мг/дм ³ | □ 0,05 | 0,182 | □ 0,05 | 1,0 | 0 | 0 | 0 |
| Марганец, мг/дм ³ | 0,059 | 0,049 | 0,075 | 0,1 | 0 | 0 | 0 |
| ΣПАН, усл. м ³ /м ³ | | | | | 6,33 | 10,87 | 3,98 |

При сбросе сточных вод Агаповского карьера в р. Урал ПАН = 3,98 в контрольном створе улучшается по сравнению со значением в фоновом створе (ПАН = 6,33) по рН, взвешенным веществам, азоту нитритов, фосфору фосфатов) и практически соответствует I

классу (очень чистая). Хотя само качество сточных вод (ПАНсв = 10,87 по базовым параметрам) соответствует качеству воды II–III класса качества с экологических позиций. Другими словами, качество реки Урал после поступления карьерных сточных вод имеет тенденцию изменения из II класса в I класс за счет привнесения повышенной жесткости.

Аналогичный расчет выполнен по соответствующим данным для Лисьегорского карьера. ПАНсв Лисьегорского карьера несколько выше, чем ПАНсв Агаповского карьера (за счет повышенного содержания взвешенных веществ и сухого остатка), но ПАН в контрольном створе (ПАНк) укладывается в пороговые значения для III класса качества воды с экологических позиций.

Контрольный створ оценки совместного влияния сточных вод обоих карьеров расположен на р. Урал в 1,2 км ниже впадения р. Сухая речка (рисунок).

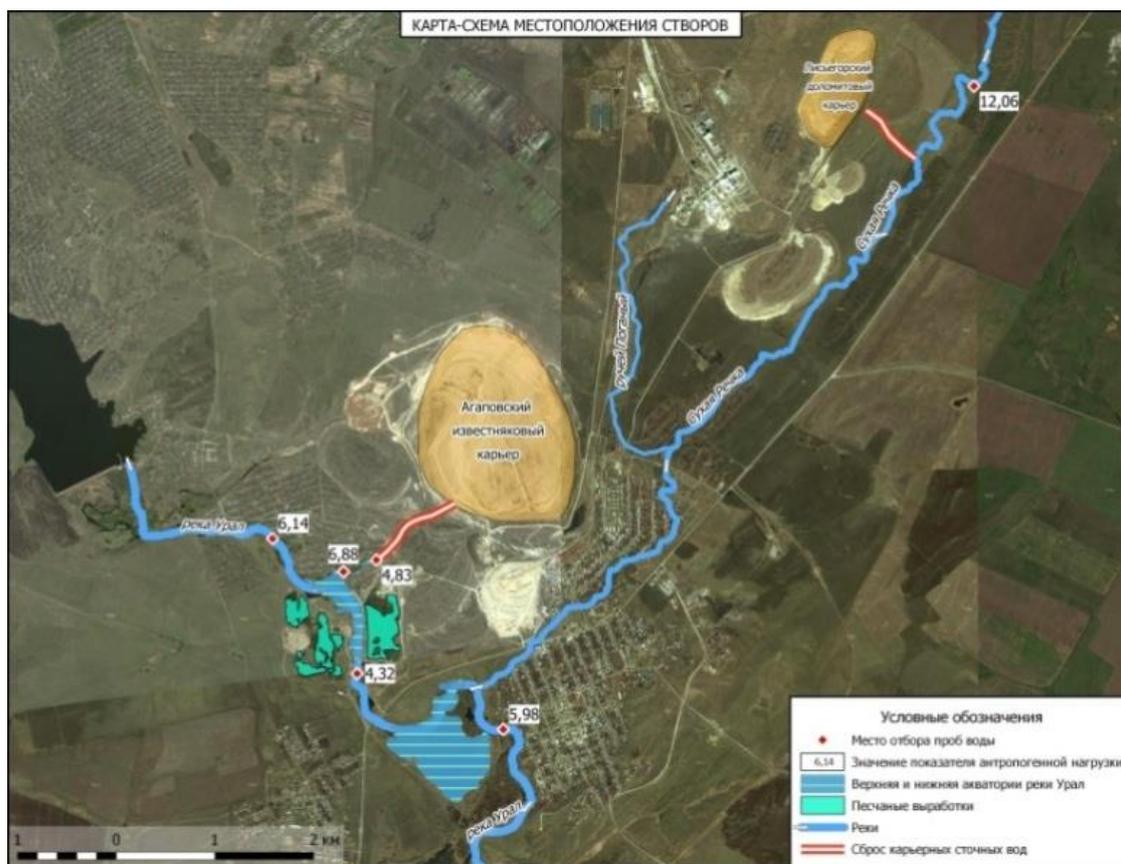


Рисунок. План-схема расположения створов исследования негативного влияния сточных вод Агаповского и Лисьегорского карьеров на качество воды реки Урал.

Из анализа полученных данных по УКИЗВ и экологическим показателям следует, что сточные воды Агаповского карьерного водоотлива не оказывают негативного воздействия и не ухудшают состояние р. Урал (УКИЗВ = 4,19; ПАН = 5,98) по отношению к фоновому створу, расположенному в нижнем бьефе Магнитогорского водохранилища (УКИЗВ = 4,66; ПАН = 6,14). Таким образом, в соответствии с [4] истощения реки Урал после впадения в нее р. Сухая речка не обнаружено.

Дополнительным доказательством отсутствия вреда и улучшения качества воды р. Урал после поступления карьерных сточных вод является дальнейшее снижение УКИЗВ до 3,79 в следующем контрольном створе, расположенном 0,6 км ниже с. Богдановского.

Полученные выводы предоставляют объективные основания для пересмотра нормативов допустимых сбросов карьерных сточных вод ОАО «ММК» с экологических

позиций и справедливого снижения экономической нагрузки на хозяйствующего субъекта по платежам за негативное воздействие карьерных сточных вод на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Введен Росгидрометом 03.12.2002 г.
2. Единые критерии качества вод. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ. М.: СЭВ. 1982. 69 с.
3. *Оболдина Г.А., Попов А.Н.* Исследование вопросов технического регулирования водопользования // Наука и практика водного хозяйства. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2014. С. 399–423.
4. ГОСТ Р 57075-2016. Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности.
5. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2015 году // Министерство экологии Челябинской области. Государственные доклады. <http://www.mineco174.ru/htmlpages/Show/protectingthepublic>. Дата обращения: 02.03.2017.

Сведения об авторах:

Оболдина Галина Анатольевна, заведующая сектором технического регулирования отдела научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: elizgalina@mail.ru

Попов Александр Николаевич, заведующий отделом научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: pan1944@rambler.ru

**ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНО-КОМБИНИРОВАННОГО МЕХАНИЗМА
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Оболдина Г.А., Попов А.Н.

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

Ключевые слова: экологическая политика, наилучшие доступные технологии, технологическое регулирование водопользования, инструментарий оценки совершенствования водоохранной деятельности.

В настоящее время в правовом поле не закреплено научно-аналитическое сопровождение регулятивной водоохранной функции государства.

Обоснованы механизмы, обеспечивающие эффективность регулирования водопользования.

Уточнены понятия «комбинированного подхода» и метода «условной водоемкости», используемого при разработке комплексных показателей качества вод с экологических позиций.

Предложен экспертно-комбинированный механизм обоснования допустимых сбросов, регулятивная функция которого достигается инструментарием объективных экспертных действий.

**PROBLEMS OF THE WATER BODIES ECOLOGICAL REHABILITATION AND
RESTORATION EXPERT COMBINED MECHANISM IMPLEMENTATION**

Oboldina G.A., Popov A.N.

RosNIIVKh, Ekaterinburg, Russia
elizgalina@mail.ru

Key words: ecological policy, best available techniques, water use technological regulation, toolbox for assessment of the water/protective activities improvement.

At present the scientific/analytical support of the regulatory function of the state is not legally determined and fixed.

The mechanisms providing water use effectiveness regulation are vindicated.

Notions of “combined approach” and “conditional water capacity” method that can be used in development of water quality integrated indicators from environmental point of view have been exactly defined.

Expert combined method of the permissible discharge norms vindication as well as solution of the basin-level problems of water use management has been proposed. The regulatory function of such a management can be realized with the toolbox of objective expert actions.

Одной из целей федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» является экологическая реабилитация водных объектов. Достижению этой цели будет способствовать снижение антропогенной нагрузки в результате технической модернизации производств путем внедрения наилучших доступных технологий (НДТ).

Федеральный закон № 219 от 21 июля 2014 г. «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] (далее 219-ФЗ) ориентирован на формирование новой системы нормирования негативного воздействия на окружающую среду на основе технологических нормативов НДТ (рис. 1).



Рис. 1. Несогласованность промышленной и экологической политики при формировании системы регулирования негативных воздействий.

Анализ положений 219-ФЗ выявляет, что планируемое внедрение НДТ в России по многим аспектам не соответствует европейскому порядку. Одним из основных принципов европейской методологии НДТ является тесная взаимосвязь характеристик НДТ с экологической оценкой, которая абсолютно не прослеживается в 219-ФЗ.

Причина пренебрежения этим принципом кроется в запущенности проблем экологической политики, вынуждающих второстепенную её роль по отношению к промышленной политике. Так п. 2 ст. 21 219-ФЗ гласит: «Соблюдение нормативов допустимого воздействия на окружающую среду, за исключением технологических нормативов и технических нормативов, должно обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды» и свидетельствует, что законом не предполагается установление причинно-следственной связи между технологическими нормативами и нормативами качества воды (НКВ) или, другими словами, не предполагается соблюдение принципов экосистемного подхода.

По сути это привело к тому, что в настоящее время в правовом поле не закреплено научно-аналитическое сопровождение регулятивной водоохранной функции государства.

Механизмы, обеспечивающие эффективность регулирования водопользования, должны быть обязательными, прозрачными, объективными [2], гибкими, обеспечивать возможность проведения процедур корректирующих действий, учитывать накопленный международный опыт.

Одним из сценариев внедрения НДТ в России ряд экспертов предполагает использование «комбинированного подхода», сочетающего государственную инициативу перехода на НДТ и самомобилизацию промышленного сектора в рамках тесного интерактивного партнерства «государство-бизнес-общество».

По мнению других экспертов под «комбинированным подходом» принимается подход на основе сочетания двух систем нормирования: по отношению к экологически опасным

объектам – технологического нормирования; по отношению к средним и мелким хозяйствующим субъектам – расчетной системы сбросов.

По мнению третьих экспертов под «комбинированным подходом» понимается подход на основе сочетания технологического нормирования и системы обоснования сбросов на основе НДТ.

По мнению четвертой группы специалистов «комбинированный подход» основан на сочетании применения НДТ с приемлемыми показателями качества водной среды, удовлетворяющих требованиям переходного периода, и направленных на достижение нормативов качества водной среды (НКВ) и нормативов допустимого воздействия (НДВ) на водный объект.

Все упомянутые характеристики имеют право быть использованными при определении «комбинированного подхода». Но главное свойство «комбинированного подхода» выделено специалистами Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП), которые отметили, что технологические нормативы не являются полноценной альтернативной заменой НДВ (рис. 2).

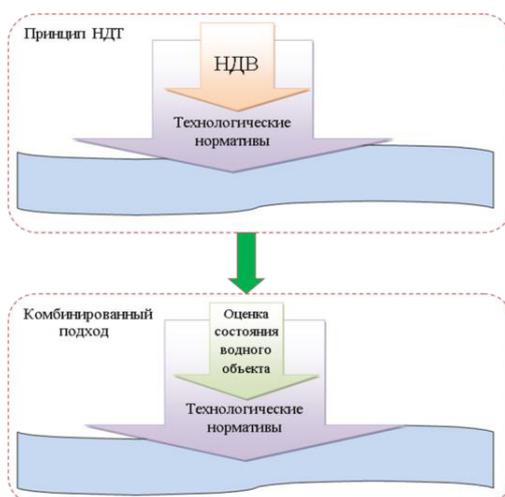


Рис. 2. Комбинированный подход технологического регулирования водопользования.

Поэтому для обеспечения качества окружающей среды при планировании развития территорий технологические нормативы должны применяться в комбинации с оценкой антропогенной нагрузки на данную территорию (комбинированный подход) [3, раздел 2.1.4.3].

В условиях же, когда российские технологические нормативы сбросов на единицу продукции больше соответствующих европейских, выявляется необходимость доказательства их допустимого уровня и приемлемой динамики снижения негативного воздействия объекта хозяйственной деятельности с целью достижения целевых показателей качества природных вод, оперативно устанавливаемых и достижимых при использовании НДТ (ЦПндт), стремящихся в пределе к экологическим нормативам качества воды (НКВэ), для разработки которых могут потребоваться многолетние усилия, что справедливо декларируется статьями 19–20 ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» [4].

В настоящее время приемлемые экологические НКВ отсутствуют.

РСПП отмечают [3], что нормативы изменения окружающей среды отсутствуют (белое пятно на рис. 3).

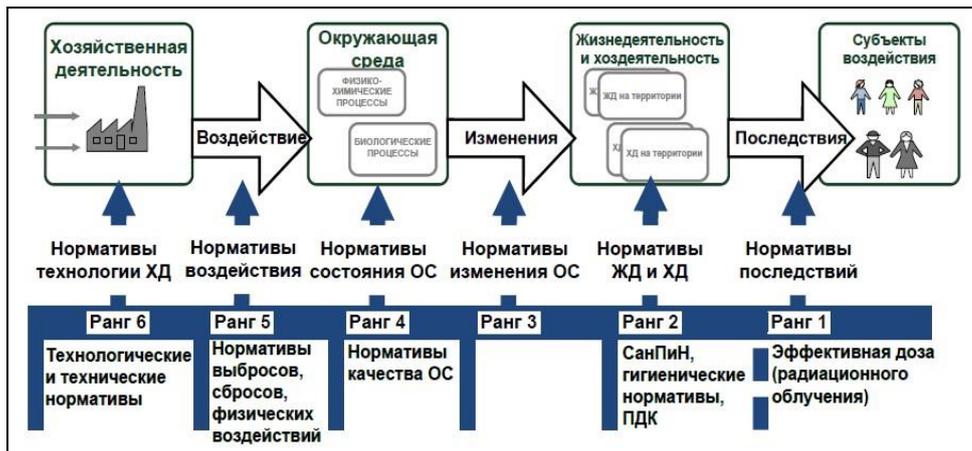


Рис. 3. Ранжирование нормативов в соответствии с экологической политикой Российского союза промышленников и предпринимателей [3].

В таких условиях РСПП вынужден активно продвигать промышленную политику без совершенствования экологической политики, а решение задач регулирования природоохранной деятельности сопровождать оценочным методом по данным отчетности (рис. 4).

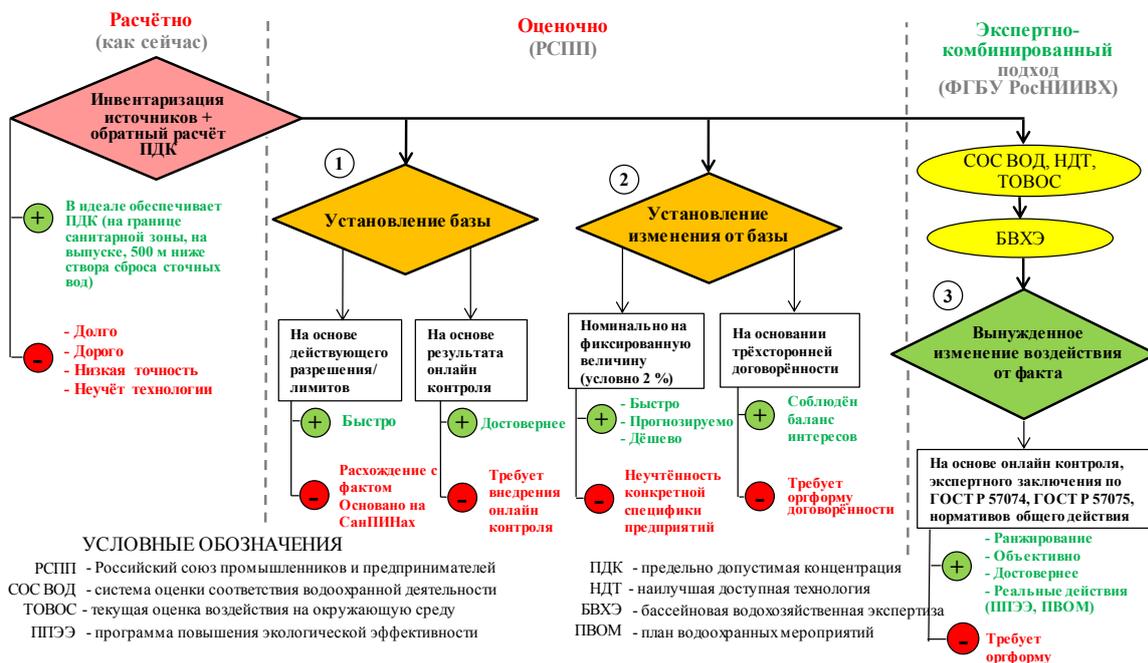


Рис. 4. Оценочный и экспертно-комбинированный подходы регулирования водопользования [5, 6].

Практика показывает, что оценочный метод не обладает качеством объективности. Анализ трансформаций российского природоохранного законодательства выявляет, что в нем никогда не реализовывался объективный научно-аналитический рычаг

экологического регулирования с целью постоянного совершенствования природоохранной деятельности.

Для преодоления вышеперечисленных проблем, исключения формального подхода, эколого-аналитической поддержки оценочного метода, анализа причинно-следственных связей при негативном воздействии и объективного учета последствий хозяйственной деятельности необходима разработка инструментария экспертных действий.

Экологическая политика в сложившихся условиях в России должна включать кроме бассейновых программ целевых показателей еще и процедуры объективной оценки антропогенной нагрузки на качество воды водного объекта (ТОВОС – текущая ОВОС по данным импактного мониторинга), а также выявление фаз его деградации с экологических позиций. Без решения таких задач бессмысленными могут оказаться программы экологической реабилитации и восстановления водных объектов.

В сложившихся условиях в России основными необходимыми элементами реализации научно-аналитического сопровождения государственной функции регулирования водопользования с целью разработки единообразного нормирования (регулирования) сбросов предлагаются:

- актуализация системы государственного мониторинга вод;
- разработка объективного инструментария оценки негативного воздействия НДТ и эффективности водоохранной деятельности с реализацией ТОВОС при подготовке документов на получение комплексного экологического разрешения;
- формирование эколого-экономического механизма регулирования водопользования;
- реализация региональной модели экологической политики с Кодексом и функциями честности, порядочности, открытости, прозрачности, здравого смысла и объективности как законодательства, так и административных действий по регулированию водопользования с целью реализацию европейского принципа «Кто разрешает, тот контролирует и отвечает».

При этом необходима и возможна актуализация экологической политики на основе оперативной реализации малозатратных мероприятий (рис. 5).

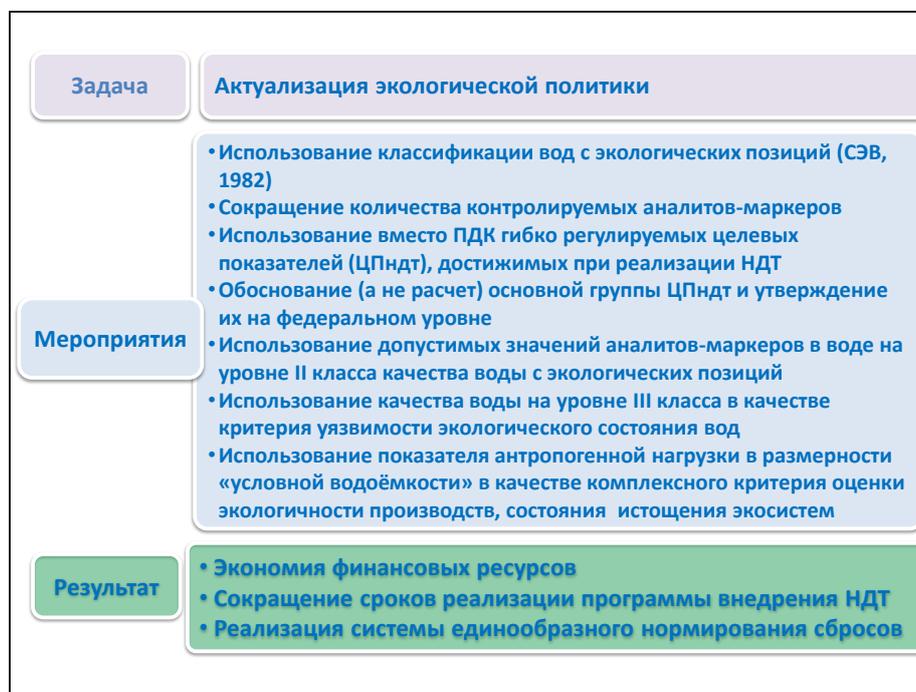


Рис. 5. Элементы актуализации экологической политики на основе малозатратных мероприятий.

Инструментарий, проекты необходимых документов в ФГБУ РосНИИВХ разработаны и в своем составе содержат объективные интегральные показатели, комплексные критерии, нормы общего действия (в общем – инструменты), обеспечивающие характеристику и оценку динамики состояния объекта негативного воздействия как в процессе его совершенствования, так и при принятии экспертами однозначных выводов.

Система разработана на основе европейских принципов с учетом необходимых тенденций совершенствования российского экологического законодательства (рис. 6).



Рис. 6. Основные принципы оценки комплексного негативного воздействия на водные объекты.

ЦП_{ндт} введены в [5] с датой введения в действие с 1 апреля 2017 г. Стандарт предназначен для обеспечения научно-аналитического сопровождения государственной регулятивной функции путем использования единого подхода и унификации работ по определению, оценке, выявлению, выбору, идентификации отечественных водоохранных НДТ, формирования единообразной системы ограничений сбросов для всех категорий хозяйственной деятельности на основе технологических показателей и нормативов, а также разработки механизма рентабельного водопользования.

В разработанном инструментарии учтен ряд неопределенностей европейской системы.

В разработанном инструментарии учтен ряд неопределенностей европейской системы оценки негативных воздействий по Директиве КПКЗ (прототип ФЗ-219) для водных объектов. Нередко получаемые выводы оказываются формальными, поскольку невозможно сделать выбор, например, если по токсичности для водных объектов предпочтительна одна технология, а по всем остальным категориям проблем – другая технология.

И это признается разработчиками [7, стр. 201]. Отсутствие шкалы учета величины экологического воздействия, возможное перераспределение загрязняющих веществ из воздуха и почв в воду, недоучет их в водной среде формируют основания считать воду критическим фактором устойчивого развития человечества. Неопределенной является граница между негативным воздействием и нанесенным ущербом. И это требует особого внимания, синтеза

знаний, целостного рассмотрения проблем не только в отношении токсичности и эвтрофирования экосистем, но и при необходимости учета последствий засоления, закисления, поступления тепла, хлорорганических веществ и других специфических негативных воздействий. Во всех ситуациях должны быть выработаны ориентированные конкретные очевидные меры экосистемного характера (экологические, предупредительные и т.д.), опирающиеся на объективную оценку качества воды водных объектов.

Например, процедура оценки токсичности вод изложена в Приложении 3 [7] и выполняется по представленным прогнозируемым недействующим концентрациям и факторам воздействия. В текстовой части методологии расчета токсичности вод описан расчет критерия объемного разведения, а формула фактически приведена для концентрационного разведения. Вероятно, что конечный результат измеряется кратностью объемного разведения ($K_v = V_{\text{усл}}/V_n$), расчет которой отличается от расчета кратности концентрационного разбавления ($K_c = C_n/C_k$), где C_n и C_k – начальная и конечная концентрации маркерного показателя в исследуемой воде.

При разбавлении начального объема загрязненной воды (V_n) с начальной концентрацией маркерного i -показателя C_n , концентрацию которого необходимо снизить до желаемого значения целевого показателя, $C_{цп}$, необходимый объем разбавляющей воды, ($V_{\text{усл.}}$) определится из условия материального баланса:

$$(V_{\text{усл.}} + V_n) C_{цп} = V_n C_n. \quad (1)$$

Показатель антропогенной нагрузки (ПАН) по определению рассчитывается как отношение ($V_{\text{усл.}} / V_n$). Обе части уравнения разделим на ($V_n C_{цп}$):

$$(V_{\text{усл.}} C_{цп}) / (V_n C_{цп}) + (V_n C_{цп}) / (V_n C_{цп}) = (V_n C_n) / (V_n C_{цп}).$$

После сокращения и преобразований получим:

$$\text{ПАН} + 1 = C_n / C_{цп},$$

$$\text{ПАН} = C_n / C_{цп} - 1 \quad (2)$$

Простота и сложность метода «условной водоемкости» заключается в достаточно простом аналитическом контроле качества вод по маркерным показателям относительно желаемых целевых их значений.

Соотношение ($C_n / C_{цп} - 1$) имеет смысл показателя объемного разведения, хотя рассчитывается по концентрациям. Первоначальный расчет ПАН как ($C_n / C_{цп}$) был в [8] принят ошибочно по аналогии с расчетом токсичности воды по [7] и в стандарте [5] впоследствии откорректирован.

Исходное методологическое положение метода «условной водоемкости» заключается в следующем: этим методом возможна оценка негативных воздействий, характеристика которых может быть аналитически установлена (оценена) в виде необходимой кратности объемного разбавления воды до безвредного состояния.

В силу трудного осознания метода «условной водоемкости», чтобы не путать его с процессом простого физического разбавления загрязненной воды), а также для корректности использования формул расчета предложено в отношении его использовать единицу размерности не «м³», а «усл. м³» воды. Поэтому, все показатели в виртуальной системе «условной водоемкости» имеют размерности типа «усл. м³/т, мг/усл. дм³». В случае сопоставительного сравнения фактических параметров и соответствующих параметров системы «условной водоемкости» «м³» и «усл. м³» могут быть условно сокращены. В результате сокращения получается условно безразмерный показатель – кратность разбавления, фактически имеющий размерность «усл. м³/м³».

Систематизация и обобщение данных выражения антропогенной нагрузки по видам негативного воздействия с помощью разработанных интегральных показателей обеспечивает формирование норм общего действия и отраслевых нормативов.

Европейская методология на основе целевых показателей совершенствовалась в течение полувека. Если мы желаем пройти этот путь быстрее, необходимо, принять перечень маркерных показателей, достаточный для форсирования понимания внутриводоемных причинно-следственных связей не только для производственного контроля, но и для текущей

ОВОС, обеспечивающей объективную оценку динамики истощения водных ресурсов после створа водопользования.

Разработанная система не подменяет европейскую, представленную в Директиве КПКЗ. Она разработана дополнительно только для блока водохозяйственной деятельности и обеспечивает реальную унифицированную оценку в единообразной размерности по наиболее типичным негативным воздействиям, оказываемым на состояние водных объектов (рис. 7).



Рис. 7. Инструментарий экспертно-комбинированного регулирования водопользования.

При разработке инструментария преследовалась цель сформировать корректную, объективно формализуемую, не подверженную коррупции, поддающуюся простому администрированию и контролю процедуру определения условий водопользования, которая должна гарантировать улучшение состояния водных объектов. Процедура применима как для оценки качества технологий, так и для оценки качества загрязненных вод и степени их истощения. Обеспечивает использование единой методологии регулирования негативных воздействий как промышленных предприятий, так и очистных сооружений бытовых сточных вод путем использования отраслевых сокращенных перечней маркерных показателей, обеспечивающих объективность и прозрачность, достаточность и эффективность проведения как производственного контроля, так и мониторинга, а также обоснования в будущем и рациональной платежной базы.

Фактически разработанная система является подразделом оценки воздействия жизненного цикла (ОВЖЦ), но не продукции, а конечных объектов, с одной стороны – жидких отходов (сточных вод), с другой стороны – экологического статуса качества воды природного водного объекта. Её проработанность обеспечивает получение технических характеристик, гарантирующих научно-аналитическое сопровождение технического регулирования водопользования, единообразное нормирование для всех категорий хозяйствующих объектов.

Разработанный инструментарий опирается на доступную в России аналитическую базу методик измерения маркерных показателей, достоверно фиксирующих последствия типичных негативных воздействий. Он прост, может и должен обеспечить ускоренный

процесс внедрения НДТ, поскольку он с одной стороны обеспечивает ранжирование используемых технологий, выявление НДТ и, с другой стороны, оценку оказываемой антропогенной нагрузки на качество воды водного объекта.

Инструментарий прагматичен и унифицирован, имеет единообразную систему измерений. Возможны перекрестные эффекты. Но если водопользователи начнут в них разбираться, появится опыт обобщения.

Для установления экологической результативности НДТ разработана укрупненная оценка эколого-экономической эффективности и целесообразности внедрения НДТ с использованием показателей – приведенных экологических затрат в расчете на единицу негативного воздействия (ЕВ) или производную характеристику от ЕВ [5]. Использование этих показателей обеспечивает объективность эколого-экономических процедур сравнения технологий, выявление НДТ, обоснование цены 1 единицы негативного воздействия. Установлено, что наиболее экономически целесообразно вложение средств в технологии, обеспечивающие при максимальном значении разности исходной и конечной концентрации ингредиентов достижение минимального значения его концентрации в очищенной воде или наибольшую эффективность на начальных стадиях процесса очистки сточных вод.

Разрабатываемый экономический механизм рационального водопользования с упрощенной оценкой негативного воздействия (по сокращенному перечню аналитов-маркеров различных видов негативного воздействия), в перспективе может обеспечить обоснование цены воды в зависимости от ее качества. Предполагается разработать методологически единую систему расчетов экологических платежей и возмещения ущерба на основе обоснования стоимости 1 единицы негативного воздействия.

С целью внедрения технического регулирования разработаны методические указания по управлению водопользованием объектов негативного воздействия (ОНВ) путем проведения водохозяйственной экспертизы пакета документов (частично подготовливаемого независимой стороной для получения комплексного экологического разрешения) и проводимой органами регулирования водопользования с целью реализации принципа «кто разрешает, тот контролирует и отвечает».

Экономическая эффективность технического регулирования водопользования может быть достигнута за счет более эффективного использования и управления водными ресурсами на уровне бассейнов, сокращения количества контролируемых параметров, поэтапного снижения нагрузки на водные объекты, обеспечивающей сокращение затрат на подготовку воды нижерасположенными по течению реки водопользователями, снижения угроз здоровью населения в связи с улучшением качества питьевой воды, состояния экосистем, рекреации, водного туризма и пр.

Экономическая эффективность предполагается не только в области технического регулирования водопользования, но и в сферах производственного и государственного контроля, оценки экологических платежей и ущерба за счет использования универсального инструментария, разработанного на основе единых подходов с целью формирования объективных рычагов оценки и регулирования негативного воздействия хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. *Оболдина Г.А., Попов А.Н.* Исследование вопросов технического регулирования водопользования // Наука и практика водного хозяйства. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2014. С. 399–423.
3. Экологическая промышленная политика Российской Федерации (проект) // Комитет РСПП по экологии и природопользованию. Москва. 2013.

<http://www.rsppmet.ru/uploads/files/news/EPP.pdf>.

4. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Редакция от 24.11.2014 (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2015).
5. ГОСТ Р 57075-2016. Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности.
6. ГОСТ Р 57074-2016. Оценка эффективности водоохранной деятельности. Критерии оценки.
7. Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Экономические аспекты и вопросы и воздействия на различные компоненты окружающей среды // Европейская комиссия. Генеральная дирекция. Объединенный научный центр. Институт по исследованию перспективных технологий. Отдел конкурентоспособности и устойчивого развития. Европейского бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений окружающей среды. Июль 2006. Режим доступа: http://www.14000.ru/brefs/BREF_ECME.pdf.
8. *Оболдина Г. А., Сечкова Н.А., Попов А.Н., Поздина Е.А.* Методы оценки комплексного воздействия технологий при водопользовании // Водное хозяйство России. 2014. № 2. С. 33 – 49.

Сведения об авторах:

Оболдина Галина Анатольевна, заведующая сектором технического регулирования отдела научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: elizgalina@mail.ru

Попов Александр Николаевич, заведующий отделом научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: pan1944@gambler.ru

СТРУКТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Овчинникова Е.В.

ФБГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова», Москва, Россия
bioreg@vniigim.ru

Ключевые слова: экологический мониторинг, структура, водный объект, оросительная система, экологическая безопасность.

Рассмотрена структура экологического мониторинга поверхностных водных объектов оросительных систем. Приведены цели, задачи мониторинга и основные этапы его проведения.

THE ENVIRONMENTAL MONITORING STRUCTURE FOR SURFACE WATER BODIES AS IRRIGATION SYSTEMS

Ovchinnikova E.V.

A.N. Kostyakov Russian Research Institute of Hydro/engineering and Melioration
Moscow, Russia
bioreg@vniigim.ru

Key words: environmental monitoring, structure, water bodies, irrigation system, environmental safety.

The article describes the structure of the environmental monitoring of the irrigation systems surface water bodies. The goals, objectives and milestones of monitoring and main stages of its implementation are presented.

В структуре Государственного мониторинга водных объектов, целью которого является своевременное выявление, оценка и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды, а также разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов, подсистема мониторинга водных объектов оросительных систем не предусмотрена [1, 2].

Наблюдения при орошении земель за водными объектами проводятся водопользователями – собственниками водных объектов; на объектах, находящихся в государственной собственности – службой эксплуатации системы. Для обеспечения режимных наблюдений за поверхностными водными объектами оросительных систем предлагается структурная схема проведения экологического мониторинга, включающая следующие основные этапы.

На этапе обоснования постановки работ определяются цели и задачи мониторинга, выделяются объекты наблюдений. Целью мониторинга поверхностных водных объектов является создание необходимых условий для обеспечения устойчивого, экологически безопасного функционирования оросительных систем. В задачи мониторинга входят: постоянные наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов; сбор, хранение и обработка данных наблюдений; создание и ведение банков данных; оценка, составление прогнозов изменения состояния водных объектов и передача соответствующей информации заинтересованным службам и федеральным органам. Объектами мониторинга в пределах

оросительной системы являются водопроводящая и водоотводящая сети: водозабор, магистральные, распределительные и оросительные каналы, коллекторно-дренажная сеть.

На этапе сбора исходных данных для организации мониторинга по информационным материалам Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы) Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) проводится анализ водохозяйственной обстановки и предварительная оценка эффективности использования воды и ее качества в пределах оросительной системы.

На этапе определения системы показателей, характеризующих состояние водного объекта, определяется состав показателей, подлежащих оценке. При мониторинге качества воды при орошении показатели оценки качества воды должны быть уточнены применительно к природным и хозяйственным условиям конкретной оросительной системы. К основным показателям, подлежащим мониторингу относят общую минерализацию, рН, содержание органических веществ, соотношение ионов натрия к кальцию и магнию, содержание соды, сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, аммиака, фосфора, а также хлорорганических пестицидов и гербицидов. Учитывают опасность влияния на растения общего содержания солей, повышенного содержания бикарбоната натрия, хлора, магния, лития бора. Возможность осолонцевания почв за счет поглощения ионов натрия усиливается при наличии соды в оросительной воде [3]. В соответствии с требованиями РД 52.24.309-2011 [4], наблюдения производятся комплексно по гидрохимическим, гидробиологическим, токсикологическим и гидрологическим показателям.

На этапе обоснования методики наблюдений определяется месторасположение пунктов наблюдений, в которых производится отбор проб; периодичность наблюдений; производится оборудование наблюдательной сети необходимой измерительной аппаратурой. На оросительной системе пункты наблюдений устанавливаются:

- при заборе воды из водоисточника (или водозаборного сооружения);
- при подаче воды на орошаемые земли в точках выдела воды в распределительные каналы разного порядка;
- пункт контроля качества коллекторно-дренажных вод при сбросе их в водоисточник и на границах севооборотных участков.

Периодичность наблюдений зависит от вида мониторинга, класса оросительной системы и динамики загрязняющих веществ в водоисточниках и коллекторно-дренажных водах.

Пункты наблюдений организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению сельскохозяйственными сточными водами. Пункты наблюдений устанавливают с учетом существующего использования водоема или водотока для нужд хозяйства, а также перспектив его развития на основании предварительных исследований, которые включают анализ сведений о водопользователях, об источниках загрязнения вод и имевших место аварийных сбросах загрязняющих веществ [4].

Для оборудования наблюдательной сети необходимой измерительной аппаратурой, имеется широкий спектр современных мобильных и стационарных автоматических пробоотборников, портативных анализаторов качества воды. В качестве примера можно привести многопараметрический анализатор качества воды Aquameter, производящий измерения растворенного кислорода, мутности, солености, проводимости, рН, растворенных веществ и ряда других параметров в полевых условиях и оснащенный GPS модулем, для привязки ряда измеренных данных к географическим координатам места взятия пробы [5]. В инновационной компании «МедЭкоТест» МГУ им. М.В.Ломоносова разработаны и производятся тест-системы более чем 45 показателей (ионы металлов, анионы, органические соединения), позволяющие получить информацию о химическом составе воды непосредственно на месте отбора пробы при времени анализа 5 – 15 минут [6].

На этапе проведения наблюдений осуществляется проведение замеров определяемых показателей. В зависимости от выбранного метода измерения проба воды для анализа может быть получена несколькими способами: путем однократного отбора всего количества воды, нужного для анализа; смешением проб, отобранных через определенные промежутки времени в одном месте исследуемого водного объекта; смешением проб, отобранных одновременно в разных местах исследуемого водоема.

На этапе обработки результатов измерений производится анализ и интерпретация результатов измерений: составление банка первичных данных и их обработка (статистическая, графическая, картографическая).

На этапе представления информации водопользователи и собственники водных объектов формируют и предоставляют в виде отдельных файлов полученные в результате наблюдений за водными объектами сведения в соответствующие службы – Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и территориальные органы Федерального агентства водных ресурсов.

Таким образом, экологический мониторинг поверхностных водных объектов, разработанный на основе применения современных методов получения, обработки и передачи данных, является важным инструментом управления экологической ситуацией на оросительной системе и позволяет обосновать необходимые оперативные и управленческие решения для ее устойчивого функционирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонова И.О., Кручинина Н.Е., Десятов А.В. Экологический мониторинг водных объектов. М.: Форум, 2012.
2. Тунакова Ю.А., Желовицкая А.В., Шагидуллина Р.А., Иванов Д.В. Экологический мониторинг. Казань: Изд-во «Отечество», 2014.
3. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. Вып. 1, 2. М.: ВНИИГиМ, 1978.
4. РД 52.24.309-2011 «Организация и проведение режимных наблюдений за качеством поверхностных вод суши». Утв. Росгидрометом 25.10.2011.
5. Интернет-ресурс: <http://www.volgaltd.ru/rus/equipments/kachestvo-vody.html>.
6. Интернет-ресурс: www.medecotest.ru.

Сведения об авторе:

Овчинникова Елена Владиленовна, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Россия, 127550, Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, корп. 2; e-mail: bioreg@vniigim.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФТОРИДАМИ МАЛЫХ РЕК СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Парфенова Л.П., Екимова О.А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,

г. Екатеринбург, Россия

parfenoalp@mail.ru

Ключевые слова: фториды, водные объекты, загрязнение, ихтиофауна.

Проведены экологические исследования р. Березовки, включающие анализ данных производственного экологического контроля, содержащих данные о сточных водах и оценку качества воды поверхностного водотока по приоритетным показателям. Исследовано влияние фторидов на ихтиофауну р. Березовки, являющейся приемником сточных вод промышленного предприятия.

ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE SVERDLOVSK OBLAST SMALL RIVERS FLUORIDES POLLUTION

Parfenova L.P., Ekimova O.A.,

Ural State Mining University,

Yekaterinburg, Russia

parfenoalp@mail.ru

Keywords: fluorides, water objects, contamination, fish fauna.

Ecological studies of the Berezovka River comprising analysis of production ecological monitoring data that contain data on waste waters and assessment of the surface watercourse water quality against the priority indicators have been carried out. Fluorides impact on the Berezovka River (an industrial plant waste water receiver) fish fauna has been investigated.

Фтор – биогенный химический элемент, который содержится в любом живом организме и его круговорот жизненно важен для живых существ. Природный круговорот фтора в природе охватывает литосферу, гидросферу, атмосферу и биосферу. Основная масса фтора находится в рассеянном состоянии в различных горных породах. Кларк содержания фтора в литосфере – $9,5 \cdot 10^{-2}$ %, в почве – $2 \cdot 10^{-2}$ %, золе растений – $1 \cdot 10^{-2}$ %, в речной воде – $0,1 \text{ мг/дм}^3$ [1, 2]. Фториды являются химическими элементами, относящиеся к 3 классу опасности [3]. В процессе техногенеза природный круговорот нарушается и тогда фтор может поступать в окружающую среду, а точнее – в поверхностную гидросферу со сточными водами предприятий химической и металлургической промышленности, а также со смывами с сельскохозяйственных полей, обработанных удобрениями [3]. Основу экономики Свердловской области составляют металлургические предприятия, одним из флагманов среди которых является ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА».

Все реки Свердловской области относятся к рыбохозяйственной категории, что определяет набор основных требований, предъявляемых к химическому составу речной воды. При этом качество воды в них в той или иной степени не отвечает указанным требованиям. Вода в реках Свердловской области загрязнена тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими веществами разной степени опасности. Основная причина загрязнения стока рек в Свердловской области заключается в том, что более чем за трехсотлетний период хозяйствования на этой территории в них постоянно осуществлялся и

продолжает осуществляться сброс сточных вод разного состава. Объемы сброса сточных вод из года в год увеличиваются в связи с ростом объемов производства, численностью населения и пр.

Следует также учитывать, что основная масса рек Свердловской области (более 90 %), относятся к малым, их гидрологический режим неустойчив (летом пересыхают, зимой перемерзают), процессы разбавления-смешения играют незначительную роль в формировании химического состава речной воды.

Другим фактором, усугубляющим ситуацию, является то, что большая часть рек зарегулирована, что также резко меняет гидрологические условия речного стока на всей территории Свердловской области. Все это и привело к тому, что на сегодняшний день все реки Свердловской области относятся к категории «грязных» и «очень грязных».

Рассмотрим в качестве примера влияние сброса сточных вод на одну из малых рек Свердловской области – р. Березовку. Согласно справке ФГУ «Камуралрыбвод», р. Березовка – правый приток р. Тагил, является рыбохозяйственным водотоком I категории.

Река Березовка вытекает из болота Березовского и впадает в р. Тагил на 212 км от устья с правого берега. Длина реки 8,3 км, площадь водосбора 38,5 км². Рельеф водосбора р. Березовка слабохолмистый. пространства между холмами заболочены или заняты временными водотоками. Поверхность расчленена неглубокими долинами рек и логов, дно которых поросло кустарником. Грунты супесчаные и суглинистые, местами глинистые. Водосбор покрыт зрелым смешанным лесом (сосна, ель, береза, пихта). Хорошо развит подлесок, состоящий из кустарников черемухи, ольхи, развит травостой [4].

Долина реки трапецеидальная, преобладающая ширина ее 1,5 м. Склоны преимущественно пологие, высотой 1–5 м. Пойма двухсторонняя, местами переходит с одного берега на другой. В районе контрольного створа пойма луговая, открытая, местами заросшая кустарником. Пойма затапливается ежегодно на глубину 1,0 – 1,5 м. В верховьях реки пойма узкая, лесная, закрытая [3].

Русло реки извилистое (коэффициент извилистости 1,11), шириной от 0,2 м до 1,5 м, при среднем значении – 1,33 м, умеренно разветвленное, наблюдаются небольшие острова. В русле часты лесные завалы, которые создают значительные препятствия к передвижению. Русло зарастает [4].

Берега крутые до 1,0 м высотой, устойчивые к размыву, задернованы, покрыты кустарником. Дно русла песчаное и песчано-илистое. Преобладающие глубины на плесах 0,4–0,6 м, на перекатах 0,2–0,4 м, средняя глубина 0,05 м. Для реки характерны резкие переходы от перекатов к плесам. Скорость течения 0,2–0,3 м/с (средняя 0,06 м/с). Минимальные среднемесячные расходы р. Березовка 95 % обеспеченности: летне-осенней межени – 0,004 м³/с; зимней межени – 0,0 м³/с [4].

Весеннее половодье начинается почти одновременно по всей длине реки в первой половине апреля. Высота половодья увеличивается вниз по течению реки, в районе контрольного створа – 1,0 м [4].

Подъем весеннего половодья длится 6–14 дней. Наибольшая высота летних дождевых паводков 0,5 м. Установление ледостава происходит одновременно по всей длине реки, обычно во второй половине октября. Разница в сроках замерзания плесов и перекатов доходит до 10 дней. Ледостав устойчивый, река перемерзает на всю глубину. Вскрытие реки происходит по всей длине без ледохода в течение 5–8 дней [4].

Основным водопользователем, сбрасывающим сточные воды в р. Березовку, является ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», которое является предприятием металлургического профиля, что также типично для промышленности Свердловской области. Оно имеет несколько выпусков сточных вод, один из которых ориентирован на р. Березовку. Выпуск ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» в р. Березовка формируется стоком из шламонакопителя, входящего в систему очистных сооружений предприятия и выполняющего функцию отстойника загрязненных производственных вод. Объем данного

выпуска предприятия таков, что практически полностью формирует сток реки, что в целом также типично для большинства малых рек Свердловской области. Основные загрязняющие вещества, содержащиеся в сточных водах выпуска в р. Березовку, в количествах, превышающих ПДК для рыбохозяйственных водных объектов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Концентрации загрязняющих веществ в воде р. Березовка

| Загрязняющие вещества | Ориентировочные значения фоновых концентраций, мг/дм ³ | Действительные значения концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³ | | ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мг/дм ³ |
|-----------------------|---|---|--------------|--|
| | | Средне-годовые | Максимальные | |
| Взвешенные вещества | 10,8 | 8,09 | 20 | 10 |
| Фториды | 0,44 | 6,27 | 9,1 | 0,75 |
| Железо общее | 0,27 | 0,13 | 0,66 | 0,1 |

Очевидно, что химический состав воды в р. Березовке во внутригодовом режиме весьма изменчив. Так среднегодовые содержания загрязняющих веществ по показателям «взвешенные вещества» и «железо общее» находятся в пределах нормы (ПДК), тогда как максимальные значения по этим же показателям качества воды в р. Березовке могут превышать нормативные и фоновые в 2–6 раз (табл.1). Содержание фторидов в р. Березовке характеризует условия стабильного загрязнения речной воды на уровне 14 фоновых значений внутри года. По максимальным значениям содержание фторидов в р. Березовке достигает 90 ПДК.

Среднее содержание фторидов в российских реках составляет 0,00002 мг/дм³ [5]. Содержание фторидов в водах р. Березовки после сброса находится в пределах от 9 до 6 мг/дм³, что многократно превышает средние по РФ показатели, а также фоновые для самой реки, и, что более чем опасно – рыбохозяйственные ПДК. Таким образом, гидрохимический режим р. Березовка на современном этапе формируется преимущественно под влиянием поступающих в водоток сточных вод. По целому ряду показателей вода в реке не соответствует требованиям, предъявляемым к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного значения.

Принадлежность р. Березовки, как и основного количества рек Свердловской области, к рыбохозяйственной категории, прежде всего, важна для сохранения рыбы и водных растений. Фториды относятся к группе соединений среднетоксичных для рыб. Смертельная концентрация фторида натрия для карпа составляет 600 мг/дм³ (157,5 мг/дм³ фторид-иона), форели – 200 мг/дм³. Границей выживаемости карпов в растворах плавиковой кислоты является 6,0 мг/дм³ фторид-иона. Хроническое отравление карпов наступает при концентрации фторида натрия 50,0 мг/дм³ [5]. Таким образом, содержание фторидов в р. Березовке является опасным для рыб и находится на границе их выживаемости.

Ранее изучение ихтиофауны водных объектов в бассейне р. Березовки не проводилось. Сведения по биологии и видовому составу рыб в р. Тагил ограничены [5].

По данным С.П. Силиврова и др. [6] в подпорных зонах р. Березовки в период пика весеннего паводка возможно временное присутствие таких видов, как пескарь, елец, плотва, окунь, ерш, однако факт их нереста проведенными наблюдениями не подтвержден. Площадь затопления приустьевых участков поймы незначительна и спад воды происходит очень

быстро, не позволяя эффективно использовать рыбами данные участки рек для воспроизводства, а икре рыб пройти полный цикл инкубации [6].

Разнообразие биотопов в реке невелико, большая часть водотока в основном характеризуется высокими скоростями течения, песчано-каменистыми грунтами, слабым развитием водной растительности. Отмечен низкий уровень развития гидробионтов, определяющий состояние кормовой базы рыб [6].

Шламонакопитель по своим гидрологическим характеристикам сходен с небольшим прудом. В нем развита высшая водная растительность и, несмотря на интенсивное загрязнение, за счет случайного вселения сформировалась ихтиофауна. По данным осенних контрольных отловов, в составе рыбного населения отмечены серебряный карась, пескарь, ротан и озерный гольян. По опросным сведениям в водоеме может обитать еще 2–3 вида рыб (плотва, окунь, елец). По относительной численности в улове преобладал карась [6].

В паводковый период часть рыб по сбросному каналу может скатываться в р. Березовку и далее в р. Тагил, пополняя рыбные запасы этих рек. Возникновение упрощенных ихтиоценозов наблюдается во многих техногенных водоемах Урала (отстойниках, карьерах) уже через несколько лет после их сооружения. Состав рыбного населения, по многолетним наблюдениям, чаще всего представлен двумя видами карася, верховкой, ротаном и озерным гольяном (табл. 2) [6].

Таблица 2. Биологические показатели серебряного карася и ротана из шламонакопителя ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» [6]

| Вид | Показатели | Возраст, лет | | | | |
|-------------------|----------------------|--------------|------|------|------|------|
| | | 1+ | 2+ | 3+ | 4+ | 5+ |
| Серебряный карась | Длина тела, мм | 79 | 84 | 130 | 169 | 178 |
| | Масса тела, г | 12 | 17 | 65 | 140 | 162 |
| | Упитанность | 2,53 | 2,87 | 2,96 | 2,90 | 2,87 |
| | Количество экз., шт. | 2 | 22 | 43 | 5 | 6 |
| Ротан | Длина тела, мм | – | 68 | 107 | – | – |
| | Масса тела, г | – | 7,20 | 32 | – | – |
| | Упитанность | – | 2,29 | 2,61 | – | – |
| | Количество экз., шт. | – | 10 | 1 | – | – |

Карась представлен в пробе особями 5 возрастных генераций – от 1+ до 5+ лет. В улове преобладали особи в возрасте 2+ (28,2 %) и 3+ лет (55,1 %). Ротаны имели возраст 2+ (91 %) и 3+ лет (9 %). Показатели роста и упитанность исследованных видов рыб следует оценить как высокие [6]. Все выловленные экземпляры рыб не старше 2 лет – для ротана, не старше 3 лет – для карася.

Причиной такого состояния биоресурсов могут быть как интенсивный их вылов, что проблематично по причине существующего запрета, так и низкое качество условий обитания, в т. ч. гидрохимических условий, связанных, прежде всего, с высокими

концентрациями фторидов в воде, являющимися опасными для рыб и находящимися на границе их выживаемости.

Река Березовка не пригодна для обитания рыб по своим гидрологическим и гидрохимическим характеристикам. Обследование реки в разные сезоны года показало, что условия обитания рыб в р. Березовке неблагоприятны в связи с тем, что сток реки формируется, преимущественно, сточными водами ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». В зимний период происходит перемерзание отдельных участков, а в период открытой воды скорость потока может превышать критические скорости течения для рыб, препятствуя их миграциям. Таким образом, вследствие гидрологических и биотопических особенностей, хронического загрязнения фторидами р. Березовка не имеет рыбохозяйственного значения и не может рассматриваться как водный объект, пригодный для добычи водных биоресурсов.

Шламонакопитель ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», несмотря на обитание в нем рыбы, по причине хронического загрязнения фторидами воды, также нельзя отнести к водоемам рыбохозяйственного значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные условия для рыбохозяйственных водоемов: [Электронный ресурс]. М., 2012–2016. URL: <http://www.scienceforum.ru/2016/1845/19570>. Дата обращения: 02.03.2017.
2. *Чертко Н.К., Чертко Э.Н.* «Геохимия и экология химических элементов», Минск: БГУ, 2008. 140 с.
3. Фториды: [Электронный ресурс]. URL: [http://www.studfiles.ru/preview/2673855/page:40/\(13.12.16\)](http://www.studfiles.ru/preview/2673855/page:40/(13.12.16)). Дата обращения: 27.02.2017.
4. Проект нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты открытого акционерного общества «Корпорация ВСМПО-АВИСМА».
5. *Мухина Т.А., Гарюгин Ю.А., Земцова Е.А., Казиев С.А.* Влияние выпусков промышленных стоков на формирование химического состава водотоков в границах территории Кирово-Чепецкой природно-техногенной системы // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. № 6. С.123–127.
6. *Силивров С.П., Баранов В.Ю., Еремкина Т.В. и др.* Отчет по НИР «Оценка современного рыбохозяйственного значения водных объектов, используемых для сброса сточных вод ОАО «Корпорация ВСМПО – АВИСМА», расположенного в г. Верхняя Салда и перспектив изменения их рыбохозяйственного статуса для водопользования». 2012.

Сведения об авторах:

Парфенова Лариса Петровна, доцент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30; e-mail: parfenovalp@mail.ru

Екимова Ольга Алексеевна, доцент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30; e-mail: okopenkina@yandex.ru

О РЕАБИЛИТАЦИИ СЕВЕРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Попов А.Н. Павлюк Т.Е. Мухутдинов В.Ф.
Иманова В.В. Фоминых А.С., Польшгалов А.С.

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

Ключевые слова: антропогенное воздействие, источники загрязнения, батиметрическая съемка, сульфаты, фториды, водосбор, вторичное загрязнение, подземная гидросфера, опробование почвы, ущерб, математическая модель, космосъемка.

Проведены работы по комплексному исследованию источников загрязнения Северского водохранилища. Получены гидрологические, гидрохимические, гидробиологические характеристики водохранилища, втекающих притоков, локальных сбросов сточных вод. Проведены батиметрическая съемка водохранилища, отбор проб донных отложений. Получены изобаты глубин, рассчитана мощность донных отложений. Проведен лабораторный эксперимент по оценке влияния донных отложений на качество воды водохранилища. Разработаны мероприятия по реабилитации Северского водохранилища.

ON THE SEVERSK RESERVOIR REHABILITATION

Popov A.N., Pavluk T.E., Mukhutdinov V.F.,
Imanova V.V., Fominykh A.S., Polygalov A.S.

RosNIIVKh

Ekaterinburg, Russia

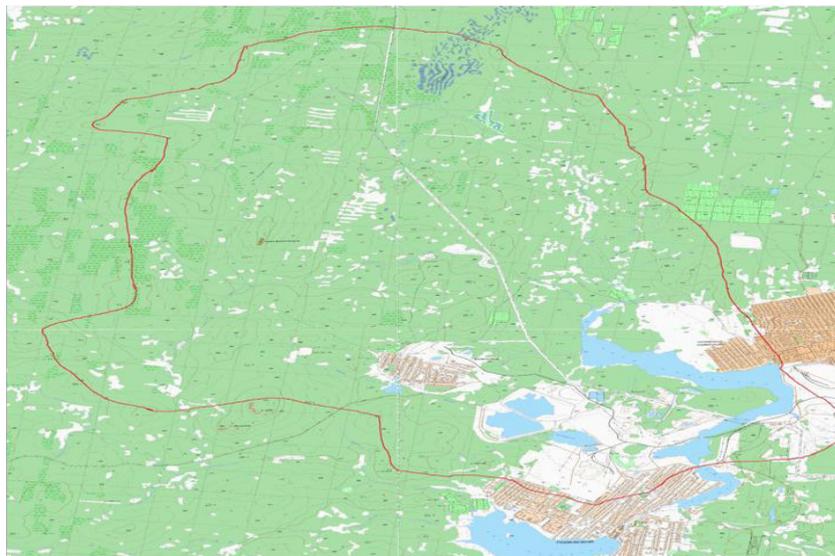
pan1944@rambler.ru

Key words: anthropogenic impact, pollution sources, bathymetric survey, sulfates, fluorides, catchment, secondary pollution, underground hydrosphere, soil testing, damage, mathematical model, space survey.

Operations devoted to integrated research of the sources of pollution for Seversk reservoir have been carried out. Hydrological, hydro/chemical, and hydro/biological characteristics of the reservoir, inflow tributaries, and local waste water discharges have been obtained. Bathymetric survey of the reservoir and bottom sediments sampling have been done. A laboratory experiment on assessment of bottom sediments impact upon the reservoir water quality has been conducted. Measures aimed at the Seversk reservoir rehabilitation have been developed.

Северское водохранилище, созданное в 1727 г. на южной окраине пос. Северского на р. Северушке для обеспечения работы Северского железоделательного завода, многолетнего регулирования [1]. В настоящее время, согласно батиметрической съемке, при отметке воды 338,35 м имеет объем воды 11,15 млн м³. Максимальные глубины – 9 м, минимальные – 0,5 м. Объем донных отложений составляет 1,9 млн м³.

Объекты, сформировавшие техногенную зону и источники воздействия на состояние водных объектов и окружающей среды: шламовое хозяйство ОАО ПКЗ, станции нейтрализации и их прудки-отстойники, сухие отвалы гипса, прудки перехвата фильтрата, фенольные отстойники, отстойники фенольных фторсодержащих шахтных вод Гумешевского рудника, промплощадка ПКЗ, иловые карты очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации г. Полевского, Зюзельское колчеданное месторождение, Гумешевское месторождение, ОАО «Уралгидромедь».



 граница водосбора

Рис. 1. Северское водохранилище и площадь его водосбора.

Анализ характеристик гидрохимического состояния водохранилища по данным работы Института экологии растений и животных УрО АН СССР в 1990 г., и данным о качестве воды, сбрасываемой из водохранилища с 2004 по 2015 гг., показал значительное увеличение концентрации ионов магния, цинка, меди алюминия марганца, железа, сульфатов, фторид-ионов и в целом – минерализации в период с 2011 по 2014 гг. с постепенным снижением их содержания к настоящему времени.

Для оценки современного гидрохимического состояния водного объекта определялось содержание следующих компонентов: солесодержания, цветности, запаха, взвешенных веществ, хлорид-ионов, сульфат-ионов, фторид-ионов, фосфат-ионов, общего фосфора, перманганатной окисляемости, БПК₅, ХПК, нефтепродуктов, гидрокарбонат-ионов, азота общего, ионов аммония, нитрат-ионов, нитрит-ионов, ионов калия, натрия, кальция, магния, ионов металлов – марганца, меди, свинца, цинка, железа, алюминия, никеля, хрома общего, кадмия, фенолов.

Количество точек отбора проб воды в водохранилище – 7 (рис. 2). Количество отобранных проб воды – 49. В среднем пробы отбирали ежемесячно с мая по ноябрь 2016 г.

Количество водотоков, впадающих в водохранилище – 8 (рис. 2), количество отобранных проб воды – 56, количество замеров расхода воды на притоках – 56.

Наибольшую долю в оценку степени загрязненности воды вносят соединения меди, алюминия, железа, цинка, марганца, а также фенолы и фторид-ионы, сульфаты-ионы, кислоты. Гидрохимический анализ показал, что по величинам УКИЗВ вода в водохранилище характеризуется от 4 класса (очень грязная) до 5 класса (экстремально грязная).

Параллельно проводимые гидробиологические исследования показали:

– флора водохранилища характерна для региона и носит интразональный характер с преобладанием бореальных видов. В водохранилище выявлено 38 видов из 30 родов, 20 семейств и двух отделов.

Большая часть высшей водной растительности Северского водохранилища представлена редко и умеренно встречающимися видами. Только четыре вида характеризуется повсеместным распространением. В целом для северного рукава характерно более высокое таксономическое разнообразие макрофитов.

На водохранилище было зарегистрировано три вида водной растительности, занесенных в Красную книгу Свердловской области, состояние их популяций оценено как благополучное.

Северское водохранилище является водоемом слабого зарастания. В настоящее время общая площадь зарастания не превышает 15 % от площади водоема. Наиболее интенсивно зарастают устьевые участки рек Северушки, Гремихи, Зюзельки, Мертвой реки, Железянки.

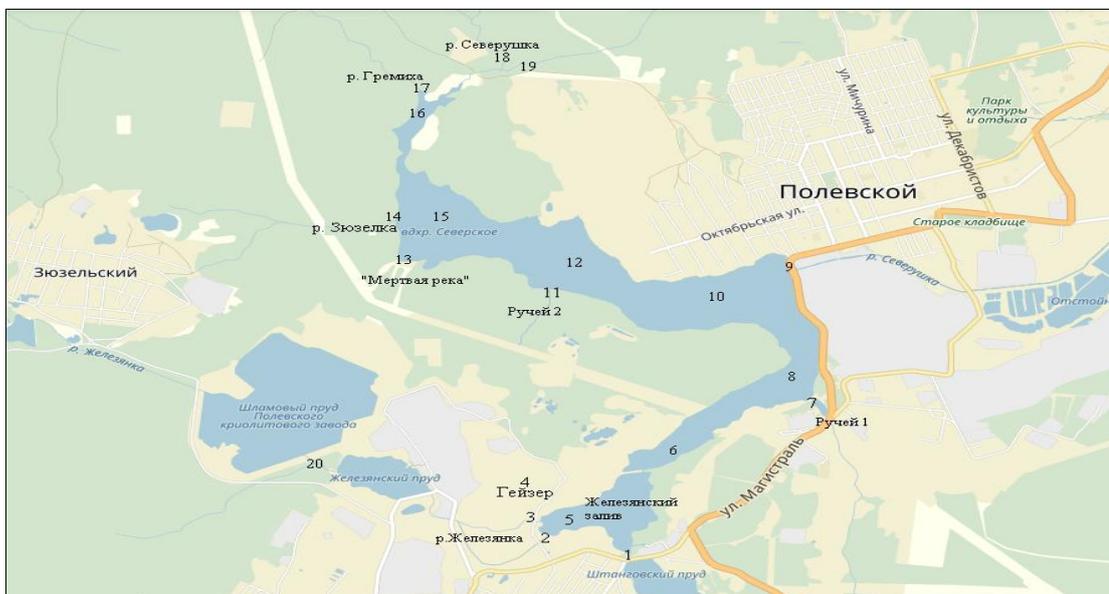


Рис. 2. Схема расположения створов отбора проб воды на Северском водохранилище и впадающих в него водотоков.

Значительно меньше зарастают мелководья береговой зоны открытой акватории водохранилища. Наблюдаются изменения в гидрофильных фитоценозах южного и северного рукава, что связано с двумя кислыми притоками Северского водохранилища – Зюзелька и Мертвая река.

По результатам анализа структуры доминирования и трофического состава макрозообентоса в исследованном за сезон вегетации бентоценозе можно выделить несколько крупных зон в Северском водохранилище.

Южный рукав Северского водохранилища – определяющим видом антропогенного воздействия на этот участок водоема является органическое загрязнение Железянского залива бытовыми сточными водами. Детритная цепь питания превалирует в южном рукаве Северского водохранилища на протяжении уже многих лет.

Северный рукав Северского водохранилища – определяющим облик и функционирование этого участка водоема является химическое загрязнение. Следствием этого стало уменьшение биологического разнообразия бентоценозов. В целом ацидофикация приводит к преобладанию пастбищных пищевых цепей, снижению скорости деструкции органического вещества и увеличению отношения P/R. Фауна южного рукава водохранилища отличается также обилием мобильных видов макрозообентоса, что характерно для водных экосистем с неблагоприятными условиями среды (изменение уровней воды, сильная эвтрофикация, антропогенное загрязнение).

Приплотинная зона Северского водохранилища – гидробиоценоз смешанного типа, имеющего признаки как северного, так и южного рукавов водохранилища. Можно утверждать, что экосистема Северского водохранилища находится в неизменном стабильном состоянии со времени его последнего масштабного обследования в 1986–1990 гг. В целом водоем принадлежит к категории «малокормных». В частности же, южный рукав более продуктивный, попадает в категорию «среднекормных» водных объектов, северный рукав – с очень низкой биомассой макрозообентоса, принадлежит к водоемам «малой» кормности.

Разделение водохранилища на три зоны подтверждается и гидрохимическим анализом проб воды.

Содержание хлорофилла в Северском пруду указывает на мозаичность степени развития фитопланктона, одного из важнейших агентов самоочищения, а его трофический статус в разных частях водоема варьировал от олиготрофно-мезотрофного до эвтрофно-политрофного. Соответственно, качество воды менялось от II класса – «чистой» до IV класса – «загрязненной» (оценка – по содержанию хлорофилла).

Максимум биомассы приходится на т. 12. Видовой состав зоопланктона Северского водохранилища насчитывает 16 видов и молодь всех обитающих в водоёме организмов. Из

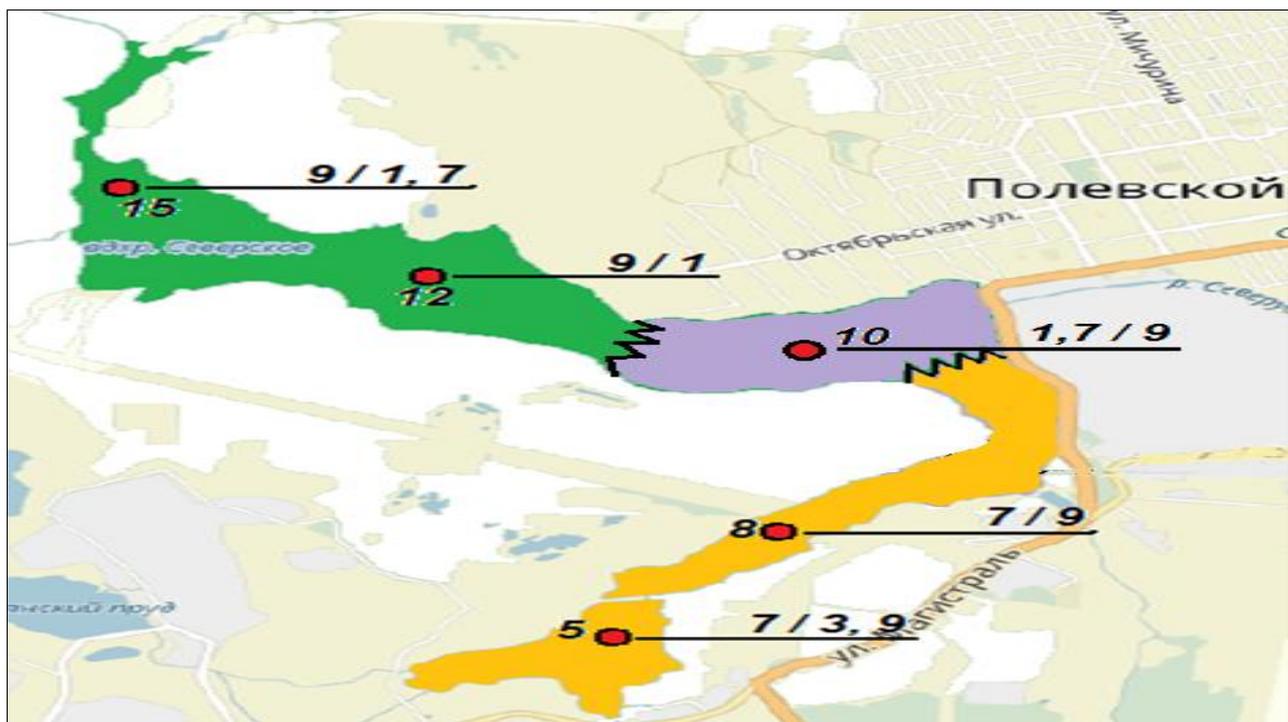


Рис. 3. Экологические зоны Северского водохранилища по доминированию трофических групп макрозообентоса: в числителе – номер трофических групп доминантов; в знаменателе – номера групп субдоминантов; ст. 5, 8 – экосистема пищевой цепи детритного типа; ст. 12, 15 – экосистема пищевой цепи пастбищного типа; ст. 10 – экосистема переходного типа со смешанными цепями питания.

всего видового разнообразия 62 % видов занимают представители коловраток, 25 % – ветвистоусых и только 13 % – веслоногих рачков. По биомассе 60 % занимают ветвистоусые, 23 % - веслоногие, 13 % – коловратки, а также 2,2 % копепоидит циклопов и 1,8 % – науплии.

Железянский залив можно рассматривать как самостоятельный водный объект, в котором складываются специфические условия для развития определенных групп организмов северного рукава Северского водохранилища, в котором обитают преимущественно хищные виды, охотящиеся на своих жертв. Такие виды более приспособлены к выживанию в среде с высокой прозрачностью воды и низкой концентрацией органических веществ. Опираясь на исследования, проведенные в Железянском заливе в 2006 г., можно проследить изменение видового состава организмов обитающих на данной территории с течением времени. Сравнив полученные данные, проведенные с 10-летним промежутком, можно утверждать, что водоем является стабильным, проявляет пластичность с постоянно меняющейся системой.

Результаты тестирования воды Северского водохранилища, отобранной на анализ в августе и сентябре 2016 г., по трем тест-объектам разного уровня экосистемной организации (хлорелла, стандартный метод на дафниях, рыбы) показали отсутствие как острой, так и хронической токсичности воды. Ни в одном из опытов тест-объекты не демонстрировали отклонения от контроля ни по поведению, ни по выживаемости и плодовитости. С точки

зрения токсикологии по состоянию на летний период 2016 г. вода Северского водохранилища отвечает требованиям экологической безопасности (табл. 1).

В водохранилище впадают притоки: водосброс из Штангового пруда; новое русло р. Железянки; старое русло р. Железянки; Мертвая река; р. Зюзелька; р. Гремиха; р. Северушка; ручей 2 (водоток периодического действия). Такие же водотоки периодического действия были обнаружены в ноябре при обследовании прибрежной зоны.

Из всех постоянно действующих водотоков в устьевых участках были отобраны пробы воды (по 7 проб в каждом) и на каждом произведены замеры расходов воды. Всего отобрано не менее 60 проб воды, которые проанализированы на содержание указанных выше ингредиентов.

Таблица 1. Результаты тестирования воды Северского водохранилища на токсичность по трем тест-объектам разного уровня экосистемной организации

| Станции отбора проб | AlgaeToximeterII (хлорелла) | Стандартный метод на дафниях | ToxProtect 64 (рыбы) |
|---------------------|-----------------------------|---|----------------------|
| Ст. 5 | Не токсично | Не оказывает острого и хронического токсического действия | Не токсично |
| Ст. 8 | Не токсично | – | Не токсично |
| Ст. 10 | Не токсично | Не оказывает острого и хронического токсического действия | Не токсично |
| Ст. 12 | Не токсично | Не оказывает острого и хронического токсического действия | Не токсично |
| Ст. 15 | Не токсично | – | Не токсично |

Для каждого притока определены количество внесенных за период наблюдения ингредиентов и показатели антропогенной нагрузки (ПАН), на основании которых выбирались объекты, оказывающие на состояние Северского водохранилища наибольший отрицательный эффект (табл. 2, 3).

На Северный рукав водохранилища наибольшее негативное воздействие оказывает Мертвая река и р. Зюзелька. Мертвая река: ПАН = 568639. Лимитирующие показатели воздействия – Al^{3+} , $Fe_{общ}$, F^- , Mn^{2+} , Cu^{2+} , помимо этого рН воды – 2,1–2,3; сульфатов поступило за наблюдаемый период 48 5609 кг. Фторидов поступило 51 618 кг, общее количество солей – 780 773 кг. Река Зюзелька: ПАН = 2196, Лимитирующие показатели воздействия – Cu^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , F^- , помимо этого рН воды – 3,99–5,26; сульфатов поступило за наблюдаемый период 249 056 кг.

На южный рукав водохранилища (Железянский залив) негативное воздействие оказывает старое русло р. Железянки и сток по новому руслу р. Железянки.

Старое русло р. Железянки: ПАН = 15397, лимитирующие показатели воздействия – Mn^{2+} , Cu^{2+} , $Fe_{общ}$, Zn^{2+} , помимо этого рН воды – 3,42–6,11, сульфатов поступило за наблюдаемый период 57 639 кг, фторидов 1995 кг. Новое русло р. Железянки: ПАН = 593, лимитирующие показатели воздействия – ХПК, Mn^{2+} , $N(NO_2)$, Al^{3+} , $Fe_{общ}$, $P_{общ}$, взвешенные вещества, рН, $N(NH_4)$, F^- .

Таблица 2. Количество поступающих веществ с водостоком перечисленных притоков

| Водоток | Ингредиенты. Поступление в кг за исследуемый период | | | | | | | | | | | | | Сред- ний расход за набл. период м ³ /с | рН (мин. – макс.) |
|---------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------|-------------------------------|----------------|-------------|------------------|------------|--|-------------------------|
| | HCO ₃ ⁻ | N(NH ₄ ⁺) | N(NO ₂ ⁻) | Mn ²⁺ | Cu ²⁺ | Zn ²⁺ | Fe _{общ} | СС | SO ₄ ²⁻ | F ⁻ | XПК | Al ³⁺ | Фенол ы | | |
| Сток из Штангово го пруда | 94042,9 | 372,3 | 15,9 | 504,2 | 41,0 | 47,2 | 1061, 7 | 200441, 3 | 0,0 | 421,1 | 62791, 1 | 43,6 | 6,10 | 0,120 | 6,87 ÷ 8,97 |
| Железян- ка, новое русло | 63018,8 | 475,3 | 91,5 | 272,7 | 11,0 | 21,1 | 224,5 | 287277, 2 | 101238, 9 | 1049, 2 | 16037, 9 | 43,6 | 1,6 | 0,023 | 7,81 ÷ 8,82 |
| Железян- ка, старое русло | 330,4 | 62,6 | 0,1 | 4469,8 | 221,9 | 607, 5 | 4065, 3 | 112184, 1 | 57653,1 | 1995, 4 | 26023, 1 | 196,3 | 0,2 | 0,004 | 3,42 ÷ 6,11 |
| Река Северушк а | 66 076,6 | 80,9 | 0,8 | 218,4 | 12,4 | 19,5 | 460,7 | 93853,4 | 0,0 | 204,2 | 16075, 1 | 39,2 | 0,83 | 0,082 | 7,42 ÷ 8,04 |
| Река Гремеха | | | | | | 22,6 | 351,5 | 87676,0 | 0,0 | 161,3 | 15664, 0 | 19,2 | 0,7 | 0,039 | 7,59 ÷ 8,02 |
| Мертвая река | | 336,7 | 0,6 | 1126,9 | 199,6 | 487, 1 | 18454, 7 | 780773, 1 | 485609, 3 | 51618,2 | 5358,9 | 52805,2 | 0,023 | 0,001 | 1,94 ÷ 2,17 |
| Река Зюзелъка | | 63,0 | 0,0 | 1080,1 | 774,6 | 248, 4 | 115,1 | 486999, 5 | 249056, 0 | 1346, 9 | 3329,9 | 240,4 | 0,5 | 0,026 | 3,99 ÷ 5,26 |

Таблица 3. Величины ПАН и лимитирующие показатели действия для выпадающих в Северское водохранилище водотоков

| № створа | Показатель | Месяц | | | | | | | ΣПАН за период наблюдений/ % от суммы ΣПАНов |
|----------------------------------|--|---|--|---|---|---|---|---|---|
| | | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | |
| 1 – водосток из Штангового пруда | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 3,95 | 1,55 | 7,34 | 12,7 | 20,9 | 16,2 | 14,05 | 76,7 / 0,013% |
| | Лимитирующие показатели воздействия | ХПК, Fe _{общ} , Cu ²⁺ | Cu ²⁺ , Mn ²⁺ , Fe _{общ} | ХПК, Mn ²⁺ , Al ³⁺ | pH, ХПК, Cu ²⁺ , Mn ²⁺ | Mn ²⁺ , Fe _{общ} , Cu ²⁺ | Mn ²⁺ , Fe _{общ} , Al ³⁺ | Mn ²⁺ , Fe _{общ} , Al ³⁺ | |
| 2 – новое русло р. Железянки | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 31,4 | 70,1 | 50,3 | 157 | 37,3 | 173 | 74,3 | 593 / 0,101% |
| | Лимитирующие показатели воздействия | Взв. вещ., Mn ²⁺ , ХПК, pH, F ⁻ | N(NO ₂ ⁻), Mn ²⁺ , N(NH ₄) | N(NO ₂ ⁻), Al ³⁺ , Mn ²⁺ | ХПК, Mn ²⁺ , N(NO ₂), Al ³⁺ , Fe _{общ} | N(NO ₂ ⁻), Mn ²⁺ , P _{общ} , N(NH ₄) | Mn ²⁺ , взв. вещ., Al ³⁺ , N(NH ₄), Fe _{общ} | Al ³⁺ , Mn ²⁺ , N(NH ₄), P _{общ} | |
| 3 – старое русло р. Железянки | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 5631 | 2502 | 1608 | 1498 | 516 | 1115 | 2527 | 15397 / 2,62% |
| | Лимитирующие показатели воздействия | Mn ²⁺ , Cu ²⁺ , Fe _{общ} , Zn ²⁺ | Mn ²⁺ , Cu ²⁺ , Fe _{общ} , Zn ²⁺ | Mn ²⁺ , Al ³⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Al ³⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Al ³⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Al ³⁺ , Cu ²⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Fe _{общ} , Al ³⁺ , Cu ²⁺ | |
| 13 – Мертвая река | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 6836 | 6882 | 112084 | 129556 | 103135 | 90270 | 119606 | 568369 / 96,75% |
| | Лимитирующие показатели воздействия | Fe _{общ} , Mn ²⁺ , Cu ²⁺ , F ⁻ , Zn | Fe _{общ} , Cu ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn | Al ³⁺ , Fe _{общ} , F ⁻ , Mn ²⁺ , Cu ²⁺ | Al ³⁺ , Fe _{общ} , F ⁻ , Mn ²⁺ , Cu ²⁺ | Al ³⁺ , Fe _{общ} , F ⁻ , Mn ²⁺ , Cu ²⁺ | Al ³⁺ , F ⁻ , Fe _{общ} , Cu ²⁺ , Mn ²⁺ | Al ³⁺ , F ⁻ , Fe _{общ} , Mn ²⁺ , Cu ²⁺ | |

Продолжение таблицы 3

| № створа | Показатель | Месяц | | | | | | | ΣПАН за период наблюдений/% от суммы ΣПАНов |
|------------------|--|---|---|---|---|--|---|---|---|
| | | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | |
| 14 – р. Зюзелька | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 235 | 347 | 488 | 193 | 351 | 276 | 306 | 2196 / 0,374% |
| | Лимитирующие показатели воздействия | Cu ²⁺ , Mn ²⁺ | Cu ²⁺ , Mn ²⁺ | Cu ²⁺ , Al ³⁺ , Mn ²⁺ , F ⁻ | Mn ²⁺ , Cu ²⁺ | Cu ²⁺ , Mn ²⁺ , Al ³⁺ | Cu ²⁺ , Al ³⁺ , Mn ²⁺ | Cu ²⁺ , Al ³⁺ , Mn ²⁺ | |
| | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 5,49 | 9,21 | 11,78 | 23,28 | 6,55 | 4,36 | 8,84 | 69,5 / 0,012% |
| 17 – р. Гремиха | Лимитирующие показатели воздействия | XПК, Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Fe _{общ} , P _{общ} | Mn ²⁺ , XПК, Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Cu ²⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Fe _{общ} | Cu ²⁺ , Fe _{общ} , Mn ²⁺ | Mn ²⁺ , Fe _{общ} , Cu ²⁺ | |
| | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 7,99 | 21,88 | 23,43 | 85,59 | 8,82 | 7,12 | 64,4 | 219,2 / 0,037% |
| | Лимитирующие показатели воздействия | Fe _{общ} , XПК, Mn ²⁺ | Mn ²⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Al ³⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Cu ²⁺ , Fe _{общ} | Mn ²⁺ , Cu ²⁺ , Fe _{общ} | |
| 11 –Ручей 2 | ΣПАН за месяц, усл. м ³ /м ³ | 537 | | | | | | | 537 / 0,091% |
| | Лимитирующие показатели воздействия | Fe _{общ} , F ⁻ , рН | | | | | | | |
| | Сумма ΣПАН | | | | | | | | 587457,4 |



Рис. 4. Створы отбора проб донных отложений Северского водохранилища: 1 – район Железянского залива; 2 – 365 м от ул. Магистраль; 3 – центральная часть Северского водохранилища; 4 – 400 м от места впадения Мертвой реки; 5 – вблизи устья р. Зюзельки.

Исследован химический состав проб донных отложений Северского водохранилища и возможное вторичное загрязнение от них фосфат-ионами, общему фосфору, ионами аммония NH_4^+ , нитрат- и нитрит-ионами, по показателю БПК₅ и ХПК, соединениями железа(общ) и марганца(2+), меди (2+), цинка (2+).

Донные отложения значительно минерализованы (80 и более % содержания минеральной части). По акватории фрагментированы. Некоторые из них (например, донные отложения Южной части Железянского залива) являются источниками вторичного загрязнения. В целом донные отложения для водохранилища на фоне других источников поступления ингредиентов как источник вторичного загрязнения опасности не представляют.

В связи с полученными результатами выбор направления реабилитирующих мероприятий для Южной и Северной части необходимо проводить отдельно, поскольку воздействующие на них объекты генетически различаются.

Впадающих в Северный рукав водохранилища водотоков, связанных с техногенным фактором, являющихся источником химического загрязнения, имеющих высокий показатель ПАН – два: Мертвая река и р. Зюзелька. Предлагаемое мероприятие для устранения влияния данной зоны загрязнения – применение геохимических методов (нейтрализации на известняке) и аэробных искусственных водно-болотных угодий (биоплато), на которых будут очищаться воды Мертвой реки и р. Зюзельки. На ботанической площадке в летне-осенний период ориентировочно задержится: марганца(2+) – 1918 кг; меди(2+) – 832 кг; цинка(2+) – 624 кг; железа общ – 15784 кг; фторид-ионов – 15889 кг; сульфат-ионов 220638 кг из поступивших за период наблюдения. Уменьшение концентрации указанных ингредиентов в воде водоема произойдет на г/м³: марганца(2+) – 0,16, меди(2+) – 0,069, цинка(2+) – 0,052, железа общ – 1,315, фторид-ионов – 1,32, сульфат-ионов – 18. В период зимней межени извлечение металлов увеличится ≈ на 8–10 %. Достоверные данные по снижению концентраций анионов в зимний период отсутствуют.

Необходима также рекультивация рудного поля вблизи пос. Зюзелька, образовавшегося в результате работы карьера по добыче колчеданных руд и шахт по добыче медной руды.

Впадающих в Южный рукав водохранилища водотоков, связанных с техногенным фактором и имеющих высокий показатель ПАН – два: р. Железянка (старое русло) и р. Железянка (новое русло). Для снижения загрязнения Южного залива со стороны Гумешевского месторождения необходимо дамбу сделать более непроницаемой, весь сток из старого русла Железянки забрать в Южный провал и откачивать на нейтрализацию воды столько, чтобы не возникало разгрузки в старое русло. Откачиваемую воду нейтрализовать и через отстойник сбрасывать непосредственно в Южный рукав водохранилища, часть которого необходимо превратить в ботаническую площадку для доочистки поступающих в него вод от соединений металлов, фторидов, сульфатов, соединений групп азота и фосфора. Последние поступают в значительном количестве со стоком по новому руслу р. Железянки. Сброс нейтрализованной воды можно организовать в новое русло р. Железянки.

Для устройства ботанической площадки Южный рукав необходимо очистить от донных отложений, на 80 % состоящих из минеральной составляющей, увеличить среднюю глубину. Количество изымаемых донных отложений составит 59 000 м³. Ботаническую площадку для лучшего перемешивания потоков предлагается создать со струенаправляющими дамбами. Необходима и рекультивация техногенных образований на южной части территории водосбора водохранилища: \approx 125 га земель, загрязненных отходами химической промышленности и \approx 7 га территории заброшенного посёлка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрологическая изученность. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 11. Средний Урал и Приуралье, вып. 1, Кама. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1966. 324 с.

Сведения об авторах:

Попов Александр Николаевич, заведующий отделом научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: pan1944@rambler.ru

Павлюк Тимур Евгеньевич, заведующий сектором гидробиологических исследований, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: t.pavluk@mail.ru

Мухутдинов Валерий Федорович, ведущий научный сотрудник, сектор гидробиологических исследований, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: muhutdinov1@rambler.ru

Иманова Валентина Владимировна, научный сотрудник, сектор технического регулирования водопользования, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23.

Фоминых Алексей Сергеевич, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: fominyh82@mail.ru

Польгалов Андрей Сергеевич, научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23.

**КОНЦЕПЦИЯ РЕАБИЛИТАЦИИ (УЛУЧШЕНИЯ СОСТОЯНИЯ)
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
(РЕКА, ОЗЕРО, ВОДОХРАНИЛИЩЕ, БОЛОТО)**

Попов А.Н.

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

Ключевые слова: концепция, состояние водоисточника, реабилитация, методология, принципы, допустимый уровень, экосистема.

В работе изложены взгляды автора на причины современного неудовлетворительного состояния поверхностных водных объектов, сформулированы общие положения, методология, принципы, концептуальные положения реабилитации водотоков, водоёмов и болот, механизм реализации положений концепции.

В качестве теоретической основы реализации положений концепции принят экосистемный подход к водохозяйственной деятельности. Предлагаемая «Концепция ...» неприменима к реабилитации морских акваторий.

**A CONCEPT OF SURFACE WATER BODIES (RIVER, LAKE, RESERVOIR, OR BOG)
REHABILITATION (IMPROVEMENT OF STATUS)**

Popov A.N.

RosNIIVKh

Ekaterinburg, Russia

pan1944@rambler.ru

Key words: concept, water source status, rehabilitation, methodology, principles, permissible level, ecosystem.

The paper deals with the author's point of view in respect of the current unsatisfactory state of surface water bodies. The paper formulates general provisions, methodology, principles, conceptual provisions of watercourses, water bodies and bogs rehabilitations, as well as the mechanism of realization of the concept provisions.

Ecosystem approach to water/economic activities was applied as a theoretical basis for the concept's provisions realization. The proposed "Concept.." is not unusable to sea water area rehabilitation.

Анализ современной ситуации показывает, что в Российской Федерации под влиянием хозяйственной деятельности происходит ресурсное истощение водных бассейнов (в широком смысле этого слова), в результате чего они становятся неспособными поддерживать биоразнообразие, сбалансированность и устойчивость биоты, а, следовательно, и всего сообщества в целом. Очевидно, что в данном случае реабилитации подлежит весь спектр параметров, характеризующих водный объект, связанные с ним экосистемы водосбора и биогеохимические условия на нем.

Использование термина «реабилитация», а не «восстановление» дает возможность широкого маневра при проведении мероприятий, возвращающих водные объекты в сферу хозяйственной деятельности или улучшающих их состояние, поскольку термин «восстановить» означает «привести в прежнее состояние», что зачастую невозможно произвести для значительной части водных объектов освоенной территории России. Тем более, данный термин (восстановить) не может быть применим для искусственных водных

объектов, например, водохранилищ. Реабилитировать же можно до состояния «вновь удобный, применимый», а не до первоначального.

Решение проблемы реабилитации поверхностных водных объектов должно базироваться на следующих положениях: с одной стороны, водотоки и водоемы являются основными источниками водоснабжения, с другой – неотъемлемым элементом ландшафтной структуры, активно участвующей в формировании среды обитания всего живого на Земле.

Сущность проблемы заключается в том, чтобы определить оптимальные направленность, глубину и время реабилитационных воздействий, которые позволят достичь максимально возможного результата в конкретной эколого-экономической ситуации.

Можно очертить круг причин, приведших к современному состоянию водотоков и водоёмов и необходимости проведения реабилитационных работ:

- В основе сложившейся в настоящее время ситуации лежит принятая в период «технической революции» и практически действующая по настоящее время технократическая концепция экономического развития, в исходном положении которой лежит тезис: «техника может все». Недооценка технологий как источника опасности для окружающей среды привела к тому, что общество оказалось не готовым к защите ее (среды) от этой опасности.

Неприятие (или непонимание) концепции ограниченности водных ресурсов, смысл которой заключается в принципиальном качественном и количественном ограничении возможности экосистем водных объектов и водосборов поддерживать сбалансированное и устойчивое существование биоты, привело к развитию технологий, в которых используемая в неоправданно больших количествах вода становилась отходом производства, несущим в водные объекты вредные вещества, образующиеся в технологическом процессе, либо терялась безвозвратно.

- Человечество в процессе своего развития заметило, что пресноводные экосистемы представляют очень удобные и дешевые системы по переработке отходов. На определённом этапе человечество переоценило способность природы к самовосстановлению, настолько злоупотребило использованием этого природного ресурса, что уже стала очевидной необходимость прилагать значительные усилия для немедленного уменьшения возникшего стресса. Помимо этого человечество переоценило и свои возможности по компенсации наносимых ущербов.

- Анализ современной водохозяйственной ситуации показал, что значительное количество рек, водохранилищ и озер в процессе хозяйственной деятельности превращены в удобные открытые могильники (шламоотстойники), многие из которых содержат ядовитые и токсичные веществ. Как показала практика исследований, они представляют из себя очаги вторичного загрязнения с совершенно непредсказуемыми свойствами, не учитывать которые в современных условиях нельзя, поскольку вторичное загрязнение зачастую является определяющим фактором в процессе формирования структуры и разнообразия экосистемы, качества воды водных объектов, в направленности и результативности процессов самоочищения[1–4].

- В результате гидротехнического строительства в бассейне происходит изменение не только гидрологического режима, но и гидрохимических условий и условий существования биоты на значительных участках рек, иногда по всей их длине. Зачастую это приводит к ухудшению показателей качества воды и санитарно-эпидемиологической обстановки даже в условиях минимального антропогенного прессинга на этот участок, формировании новых (иных) ландшафтнообразующих экосистем, в т.ч. и водных[5].

- Хозяйственное освоение водосбора в любых формах проявляется трансформацией состава поверхностных вод, который становится отличным от сложившегося в ходе эволюции. Преобразованные территории водосбора «не способны» сохранить сложившееся распределение стока во времени.

В целом, при антропогенизации бассейна происходят изменения, способствующие формированию качественно новой его биогеоэкосистемы, которая значительно отличается

по своим способностям поддерживать сбалансированное и устойчивое существования биоты от сложившейся в процессе эволюции.

Происходящее изменение экосистемы бассейна влияет на весь геохимический комплекс. Этот процесс может продолжаться до полной деградации бассейна, если не изменить формы и качества антропогенного воздействия на него.

- Современное нормирование воздействия антропогенной нагрузки на водные объекты основано на величинах предельно допустимых концентраций (ПДК), которые являются некими теоретическими построениями, не связанными с практическими возможностями их соблюдения. Они (ПДК) сами по себе весьма условны, чаще всего не имеют отношения к природе и, скорее всего, антропоцентричны.

Как следствие – на практике формируется тупиковая ситуация, связанная, зачастую, с отсутствием экономически целесообразных технологий, позволяющих достигать необходимых, задаваемых при расчете НДС, параметров очистки сточных вод [6]. Помимо этого, сама процедура установления НДС вызывает достаточно много вопросов, в т. ч. и с установлением фоновых концентраций [7].

Классификация источников загрязнения послужит основой для последующего выбора направленности воздействия с целью минимизации ущерба. Их можно разделить условно на два класса:

- образовавшиеся в результате технологической деятельности и процессов жизнедеятельности человека, домашних животных;
- образовавшиеся в процессе обеспечения технологий и населения необходимым количеством воды.

Первый класс можно разбить на подклассы: а – источники локального загрязнения; б – источники рассеянного загрязнения. Каждый из подклассов может быть разделен на две категории: источники непосредственного загрязнения; источники «вторичного» загрязнения.

В современных условиях источники вторичного загрязнения играют весьма заметную роль в процессе формирования качества воды и должны быть учтены в водохозяйственной практике как один из стохастических факторов, регулирующих направленность и интенсивность развития внутриводоемных процессов.

Во второй класс источников загрязнения включены все виды водоемов, опосредованно действующие (эвтрофирующие, например) на гидрохимический режим и биоту водотоков в нижнем бьефе.

Общие положения концепции реабилитации поверхностных водных объектов

Реабилитация поверхностных водных объектов является комплексом технических, хозяйственных, биологических, гидрологических химических, экономических, организационно-правовых и других мер по улучшению качественных и количественных характеристик поверхностных водных объектов, биоразнообразия, оптимального соотношения продукционно-деструкционных процессов, сбалансированности и устойчивости водных и наземных экосистем, реализующихся на основе принципа «сосуществования» социально-экономической системы и окружающей природы.

Цель – возрождение функциональной способности геоэкосистем водных объектов до состояния, при котором они смогут воспроизводить и поддерживать «здоровые», экологически безопасные условия существования биоты.

Основной методологический базис реализации положений концепции является экосистемный подход. Для учета экосистемных требований при разработке водохозяйственной политики и стратегии необходимо [1]:

- применять межотраслевые процедуры выбора решений относительно будущего использования водных объектов с учетом как потребностей в воде отдельных секторов хозяйства, так и экосистемных требований;

– добиваться решения водных проблем в рамках экосистемных пространств, которые необязательно совпадают с традиционными административными, географическими или политическими границами;

– применять в планировании и оценке воздействия временной горизонт, охватывающий больший временной период, чем это принято в нынешней практике экономического планирования;

– добиваться рационального использования возобновляемых экосистемных ресурсов в соответствии с принципом устойчивой отдачи;

– создавать благоприятные условия для восстановления экосистем, деградировавших в результате деятельности человека;

– охранять водоразделы, особенно верхние водосборы от действий, оказывающих пагубное влияние на водные экосистемы;

– предупреждать и вести борьбу с загрязнением, прежде всего в его источнике;

– обеспечивать сохранение биологического разнообразия и генетических ресурсов водных экосистем;

– распространять информацию среди водохозяйственных и административных органов, а также населения с целью привлечения широкой общественности к планированию водохозяйственной деятельности и к выбору решений [1, 6].

Реабилитация поверхностных водных объектов должна проводиться в соответствии с Водным кодексом РФ и современными природоохранными требованиями.

Она должна обеспечивать исключение причин деградации конкретного водного объекта, не должна отрицательно влиять на другие водные объекты, водосборы и окружающую природную среду.

Реабилитация реки или озера, если это не касается уникальных объектов, всегда должна быть компромиссным решением. Предоставляется возможность найти соответствующий уровень и технологию производства, обеспечивающие сбалансированное существование биоты в соответствии с конкретной категорией водного объекта. При реабилитации уникальных водных объектов всегда должно превалировать решение в пользу восстановления его экологического статуса.

Количественные характеристики реабилитируемых рек и водоемов доводятся до уровня, пригодного для большинства водопотребителей и водопользователей или в любом интервале тренда условий оптимального существования биоты на основе эколого-экономических оценок и расчетов.

Реабилитация водных объектов с обоснованием всех возможных технических решений и гарантируемых результатов должна всесторонне обсуждаться и быть гласной.

Одним из необходимых действий при проведении реабилитационных мероприятий является определение степени преобразования (обратимое, необратимое) экосистемы бассейна. В случае обратимых изменений планировать восстановление экосистемы до состояния, сформировавшегося в процессе длительной эволюции, возможно.

При необратимых изменениях необходимо определить границу, сообразуясь с той возможной степенью реабилитации экосистем (водной и наземной), которую позволяют произвести технический и финансовый потенциал на момент проведения реабилитационных работ.

Реабилитация рек должна проводиться от малых водосборов и рек к средним и большим. Реабилитация поверхностных водотоков и водоемов в каждом отдельном случае должна преследовать реальные цели и быть поэтапным процессом.

На наш взгляд, наиболее полно предварительное состояние водоемов и водотоков до и после реабилитационных мероприятий может дать разработанная ФГБУ РосНИИВХ методика оценки класса качества воды и степени истощения водного объекта [8].

Общая методология реабилитации водных объектов может быть представлена следующим образом:

- определение состояния биогеоэкосистемы водного объекта (водный объект, водосбор, воздушная и подземная экосистемы);
- оценка необходимости (да, нет) реабилитации экосистемы водного объекта;
- определение степени произошедших изменений (обратимое, необратимое) в биогеоэкосистеме водного объекта;
- определение реально достижимой степени восстановления нарушенных экосистем водного объекта и водосбора в конкретной ситуации с учетом технических и финансовых возможностей;
- анализ причин фиксируемого состояния водного объекта, ранжирование источников негативного воздействия по количеству вносимых загрязнений и по степени негативного воздействия);
- выбор методов реабилитации количественных, качественных характеристик водного объекта и его биогеоэкосистемы на основе ранжирование причин его неудовлетворительного состояния;
- прогноз состояния водного объекта после предполагаемого устранения основных причин ухудшения качества воды и стоковых характеристик водоисточника, сопоставление с целевыми показателями, принятыми в СКИОВО данного водного объекта;
- выбор оптимальных технических методов ликвидации причин фиксируемого состояния водного объекта;
- разработка ОВОС предлагаемых методов ликвидации источников загрязнения;
- определение этапов реабилитации в соответствии с финансовыми возможностями хозяйствующих субъектов и необходимым уровнем восстановления с оценкой результатов каждого этапа;
- собственно реабилитация водного объекта и водосбора;
- мониторинг за состоянием восстановленного водного объекта и водосбора;
- корректировка «ремонтных» мероприятий в соответствии с результатами мониторинговых наблюдений.

При этом реализация методологии в конкретные проекты реабилитации поверхностных водных объектов строится на следующих положениях, отражающих современное понимание их роли в формировании среды обитания:

- водный объект является элементом окружающей его природной среды и составляет с ней единую природную систему «водосбор – водный объект – атмосфера»;
- водная экосистема представляет единство абиотических и биотических компонентов, связанных между собой;
- состояние водной экосистемы интегрально характеризуется ее биопродуктивностью [9];
- начальное (естественное) состояние водного объекта характеризует внешнюю биогенную нагрузку при естественном состоянии водосборного бассейна [10];
- реабилитация водной экосистемы должна быть направлена на устранение причин нарушения взамен борьбе с его последствиями;
- изменение в водной экосистеме при проведении реабилитационных технологий следует характеризовать не только гидрохимическими, а, главным образом, гидробиологическими показателями [11, 12];
- необходимым условием функционирования водной экосистемы после окончания реабилитационных работ является ее сбалансированность, устойчивость [13, 14–19].
- реабилитационными мероприятиями должен быть достигнут тот уровень состояния экосистем, начиная с которого возможно естественное воспроизводство качества воды;
- дноуглубительные и дноочистительные работы с целью реабилитации (оздоровления) водной экосистемы следует проводить в комплексе с другими реабилитационными мероприятиями и, прежде всего, проводимыми на водосборном бассейне [14–19];

- экологический эффект непосредственно от дноуглубительных работ зависит от трофического статуса водоема и объема изъятых грунтов [14–20];
- дноуглубительные и дноочистительные работы – дорогое мероприятие, негативно влияющее на жизнедеятельность гидробионтов, и поэтому к их реализации следует прибегать только в случае, когда другие восстановительные мероприятия не дают необходимого результата [14 – 20];
- оценка воздействия на окружающую среду при реабилитации поверхностных водоисточников является обязательным элементом процесса;
- экологический мониторинг поверхностных водоисточников в период проведения реабилитационных работ и после их завершения обязателен. Для каждого конкретного случая график и компоненты экосистемы, подлежащие мониторингованию, определяются индивидуально;
- государственный и производственный контроль за соблюдением объектами негативного воздействия рекомендуемых норм после проведения реабилитационных мероприятий обязателен;
- в реабилитации поверхностных водоисточников существенную роль должно сыграть комплексное экологическое разрешение (КЭР).
- исключительную роль должны сыграть экономические рычаги воздействия на предприятия, стимулирующие снижение количества потребляемой воды и сбрасываемых отходов.

Уровень реабилитационных работ определяется, с одной стороны, необходимостью восстановления геоэкологии водного объекта до состояния, при котором он сможет воспроизводить основные параметры экосистемы, с другой – техническими, экономическими и ситуационными возможностями этого. Этому должны способствовать и требования к качеству поверхностных вод, которые должны иметь системную логическую форму, направленную на реабилитацию и сохранение геоэкологии бассейнов, а также эффективную защиту их от всех форм деградации.

Современная концепция требований к качеству воды, признанная на международном уровне, определена в Рекомендациях странам ЕЭК ООН как система стандартов и целевых показателей, основанная на комплексном подходе к их разработке и применению. Наряду с регламентацией качества вод только с позиций их пригодности для отдельных видов водопользования, как это принято в РФ, имеются серьезные основания к нормированию качества вод с позиций экологического благополучия водных объектов и определения допустимого уровня антропогенного воздействия на них. Необходима разработка комплексного показателя, наиболее адекватно отражающего состояние водного объекта при воздействии множества факторов и который мог бы являться конкретным выражением целевого показателя на каждом этапе его реабилитации.

Одним из ведущих инструментов при реабилитации водных объектов, необходимо сделать принцип технологического нормирования, как это принято за рубежом.

Управление реализацией положений концепции реабилитации водоисточников может осуществляться только на основе анализа данных мониторинговых наблюдений. Конкретизация составляющих мониторинга водного объекта в процессе его реабилитации и в постреабилитационный период производится на основании произведенного выбора методов реабилитации и состояния его геоэкологии.

Управляющий механизм реализации положений концепции должен базироваться в первую очередь на экономических и законодательно-правовых рычагах, позволяющих регулировать отношения в сфере комплексного использования водных объектов, сочетающего в себе триединую задачу: использование, реабилитация и поддержание геоэкологии реабилитированного водного объекта в состоянии, позволяющем воспроизводить используемый ресурс.

В реабилитации водных объектов своими финансовыми возможностями и техническими средствами должны участвовать:

- Федеральное агентство водных ресурсов в отношении реабилитируемых водоемов, находящихся в федеральной собственности;
- органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации в отношении реабилитируемых водных объектов, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, и водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации;
- органы местного самоуправления в отношении реабилитируемых водных объектов, находящихся в собственности муниципальных образований;
- Министерство сельского хозяйства Российской Федерации в отношении реабилитируемых водохранилищ и каналов, входящих в состав мелиоративных систем, находящихся в федеральной собственности;
- собственник реабилитируемого водного объекта в отношении прудов, обводненных карьеров, расположенных в границах земельного участка, принадлежащего на праве собственности физическому лицу, юридическому лицу;
- лицо, использующее реабилитируемый водный объект (водопользователь), которому предоставлено право пользования водным объектом на основании договора водопользования или решения о предоставлении водного объекта в пользование.

Эффективность осуществления любого мероприятия, любой программы зависит и от организации надзорных функций за выполнением, в основе которых должен лежать принцип оценки достижения цели, а не освоения средств или проведения намеченных, например, на какой-то период операций. Соответственно должен быть разработан и механизм применения санкций за не достижение намечаемой реабилитационной цели.

Контроль и надзор за выполнением реабилитационных мероприятий должны производить:

а) Федеральное агентство водных ресурсов в отношении реабилитируемых водоемов, находящихся в федеральной собственности, (за исключением водохранилищ и каналов, указанных в подпункте «г» настоящего пункта);

б) органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации в отношении реабилитируемых водных объектов, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, и водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, за исключением реабилитируемых водных объектов, указанных в подпунктах «а» и «г» настоящего пункта;

в) органы местного самоуправления в отношении реабилитируемых водных объектов, находящихся в собственности муниципальных образований;

г) Министерство сельского хозяйства Российской Федерации в отношении реабилитируемых водохранилищ и каналов, входящих в состав мелиоративных систем, находящихся в федеральной собственности;

д) собственник реабилитируемого водного объекта в отношении прудов, обводненных карьеров, расположенных в границах земельного участка, принадлежащего на праве собственности физическому лицу, юридическому лицу;

е) лицо, использующее реабилитируемый водный объект (водопользователь), которому предоставлено право пользования водным объектом на основании договора водопользования или решения о предоставлении водного объекта в пользование.

Реабилитация поверхностных водных объектов является необходимой частью их комплексного использования в современных, сложившихся условиях, без которой невозможно решение задачи сохранения водных объектов как фактора формирования здоровой среды обитания человека. Реабилитация должно базироваться на идеологической, научной, экономической, технической и юридической базах, многие положения которых в настоящее время требуют либо первичной разработки, либо переработки по сути. Все это достижимо при условии заинтересованности общественности, которая может быть сформирована при условии полной информированности общественности о состоянии дел и необходимых шагах по изменению ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководящие принципы экосистемного подхода к водохозяйственной деятельности. ЕЭК ООН, 1993. Режим доступа: www.unecsc.org/.../sem.4/mp.wat.sem.4.2004.4r.pdf
2. Попов А.Н., Борзунова Е.А., Селянкина К.П., Радовская Е.Л. Временные методические рекомендации к разработке прогнозов изменения медико-биологической обстановки в связи с территориальным перераспределением водных ресурсов. М. 1984. 24 с.
3. Браяловская В.Л., Попов А.Н., Борзунова Е.А., Селянкина К.П., Радовская Е.Л. Роль донных отложений в формировании качества воды водоемов / мат-лы Всеросс. конф. «Гигиенические аспекты охраны внешней среды и оздоровление условий труда при развитии крупных пром. комплексов в Сибири». М. 1977. С. 102 – 104.
4. Попов А.Н., Браяловская В.Л. Метод прогноза качества воды водотоков- приемников сточных вод медеплавильной промышленности с учетом вторичного загрязнения// Комплексное использование и охрана водных ресурсов. 1982. Сер. 4. Вып. 10. С. 10–20.
5. Эдельштейн К.К. Задачи конструктивной гидроэкологии водохранилищ. Теория и практика восстановления внутренних водоемов. СПб. 2007. С 374–386.
6. Пономарёва Л.С. Нормативы допустимого сброса: какие изменения необходимы в законодательстве // Экология производства. 2015. № 9. С. 79–85.
7. РД 52.24.622-2001 Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. Утв. Росгидрометом. Введ. 1 января 2002 г.
8. Сечкова Н.А., Оболдина Г.А., Попов А.Н. Использование комплексных критериев качества для оценки экологической безопасности хозяйственной деятельности. // Водное хозяйство России. 2015. № 6. С. 37–54.
9. Vollenweider R.A. Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology – Schweiz.Zirchr.Hidrol.1975, 37(1) P. 53 – 84.
10. Восстановление экосистем малых озер. СПб. 1994. 144 с.
11. Израэль Ю.А. К стратегии сохранения и регулирования качества природной среды // Водные ресурсы. 1977. № 2. С. 17 – 26.
12. Оксьюк О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. Киев. 1986. 174 с.
13. Прыткова М.Я. Научные основы восстановления озерных экосистем при разных видах антропогенного воздействия. СПб. 2002. 147 с.
14. Попов А.Н., Зацепин А.Н., Дерябин В.Н., Сидоркин В.И. Разработать методы восстановления и мелиорации зарастающих водоемов и мелиорации зарастающих водоемов // Отчет о НИР, УралНИИВХ. 1983. 110 с.
15. Попов А.Н., Даишев Ш.Т., Штыков В.И. Методические указания по управлению качеством воды прудов и малых водохранилищ на сельскохозяйственных водосборах// Отчет о НИР, РосНИИВХ. 2000. 100 с.
16. Попов А.Н., Гневашев М.Г. Разработка методов, технологий и нормативных документов по управлению состоянием водоемов и водотоков. Отчет о НИР. РосНИИВХ, Екатеринбург. 2001. 110 с.
17. Попов А.Н., Браяловская В.Л. Методические рекомендации по выбору способов снижения поступления из донных отложений водоемов соединений металлов, азота и фосфора// Отчет о НИР. Екатеринбург. 2001. 143 с.
18. Попов А.Н., Борзунова Е.А., Селянкина К.П., Радовская Е.Л. Временные методические рекомендации к разработке прогнозов изменения медико-биологической обстановки в связи с территориальным перераспределением водных ресурсов. Москва, 1984, 22 с.
19. Директива Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. о комплексном предотвращении и контроле загрязнений. Режим доступа: law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1375085

Сведения об авторе:

Попов Александр Николаевич, заведующий отделом научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: pan1944@rambler.ru

**ПРОГРАММА РЕАБИЛИТАЦИИ
ВЕРХНЕ-МАКАРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**Попов А.Н., Мухутдинов В.Ф., Павлюк Т.Е., Загайнова Е.В., Бутакова Е.А.,
Фоминых А.С., Полыгалов А.С.**

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

Ключевые слова: гидрохимия, фитопланктон, макрофиты, зоопланктон, макрозообентос, донные отложения, источники загрязнения, фосфор, эвтрофикация, качество воды, водохранилище, водосбор.

Для апробирования методологии по реабилитации поверхностных водных объектов исследовано Верхне-Макаровское водохранилище, имеющее статус резервного водного объекта г. Екатеринбурга. Анализ гидрохимической ситуации в водохранилище и его притоках позволил установить, что водоем получает большую часть загрязняющих веществ по р. Чусовой, а также из небольших притоков частного водосбора. Основные загрязняющие вещества – ионы металлов: железа, меди, цинка, марганца, алюминия; органическое вещество в форме ХПК; биогенные вещества в виде минерального и общего фосфора.

Для снижения поступления загрязнений в водохранилище предлагается произвести формирование биоплато в устьевых участках малых рек, впадающих в р. Чусовую; создать предводохранилище в районе с. Курганово; провести мероприятия на водосборе по защите поверхностных вод; организовать в водоохранной зоне патрулирование санитарной полиции и обязать выполнять нормативы ведения хозяйственной деятельности водопользователей. Приведена приблизительная стоимость каждого из мероприятий, определен их экологический эффект.

**PROGRAM OF REHABILITATION
FOR VERKHNE-MAKAROVSK RESERVOIR**

**Popov A.N., Mukhutdinov V.F., Pavluk T.Y., Zagaynova E.V., Butakova E.A.,
Fominykh A.S., Polygayev A.S.**
RosNIIVKh, Ekaterinburg, Russia
pan1944@rambler.ru

Key words: hydro/chemistry, phyto/plankton, macrophytes, zoo/plankton, macro/zoo/benthos, bottom sediments, pollution sources, phosphorous, eutrophication, water quality, reservoir, catchment.

Verkhe-Makarovsk with a status of the Ekaterinburg reserve water body has been studied in order to test a methodology of surface water bodies' rehabilitation. Analysis of hydro/chemical situation in the reservoir and its tributaries enables to state that the water body receives the most part of pollutants from the Chusovaya River, as well as from small inflows of a particular catchment. The main pollutant are metal ions: iron, copper, zinc, manganese, aluminum, organic matter in the form of COD, biogenic substances as mineral and total phosphorous.

To decrease pollutants income to the reservoir it is proposed to form a biological plateau in the mouth reaches of small rivers inflowing to the Chusovaya River, to establish a pre-reservoir in the Kurganovo area, to conduct measures at the catchment in order to protect surface waters, to organize sanitary police patrol in the water/protective zone, and to oblige water users to obey the norms of economic activity. Tentative cost of each of these measures is given, and their respective ecological effect is estimated.

Выбор Верхне-Макаровского водохранилища для апробирования разработки инструктивно-методической базы по реабилитации поверхностных водных объектов не случаен. Этот водоем имеет статус резервного водного объекта, из которого осуществляют постоянные попуски в Волчихинское водохранилище – основной источник питьевого и хозяйственного водоснабжения г. Екатеринбурга.

Технологии ведения хозяйственной и рекреационной деятельности на водосборе и акватории привели к ситуации, которая в настоящее время инициировала вопрос о необходимости улучшения гидрохимического, санитарного и гидробиологического состояния водоема. При этом главным назначением водоема остается формирование воды высокого качества. Цель исследования – разработать рекомендации по улучшению экологического и гидрохимического состояния Верхне-Макаровского водохранилища.

По географическому положению водосбор и акватория Верхне-Макаровского водохранилища расположены в полосе восточных предгорий Урала и относятся к Камскому бассейну. Водохранилище наполняется водами р. Чусовой, образованной от слияния двух истоков: Западная Чусовая и Полдневая Чусовая. Плотина водохранилища находится в 100 км от истока главной реки – Полдневая Чусовая и в 20 км южнее г. Екатеринбурга. Объем при НПУ – 52,45 млн м³, средняя глубина – 3,7 м, максимальная глубина – 12 м, площадь мелководий глубиной до 2,0 м – 3,76 км² [1]. Верхне-Макаровское водохранилище осуществляет многолетнее, с двухлетним периодом сработки, регулирование стока для получения постоянной гарантированной водоотдачи 2,4 м³/с.

В результате особенностей увлажнения территории, отбора воды на хозяйственные нужды, технологии ведения хозяйственной деятельности на водосборе и акватории уровень воды в водоеме в период летней и зимней межени снижается на 2–3 м. Водный объект вследствие этого экологически неполноценен, подвержен интенсивному «цветению» водорослей, поэтому является источником загрязнения Волчихинского водохранилища органическим веществом автохтонного происхождения.

Существенное влияние на качество воды оказывает деятельность жилищно-коммунального хозяйства 10 населенных пунктов совокупной площадью 8 км². Определенный вклад вносит также садово-дачная застройка и объекты рекреации, расположенные в бассейне реки. Общее количество садовых товариществ на частной территории водосбора водохранилища доходит до 50, при общей площади 800 га.

Непосредственно на берегу водохранилища расположен достаточно крупный населенный пункт – с. Курганово, значительная часть жилых построек которого не благоустроена, а большая часть частного сектора расположена в водоохранной зоне водохранилища. В непосредственной близости от водоема имеется несколько баз отдыха: «Автомобилист», «Трубник» и «Курганово». Земли, бывшие до недавнего времени в сельхозобороте, интенсивно осваиваются новыми садовыми товариществами, строения которых вплотную подступают к урезу воды в водохранилище.

Гидрохимический анализ воды в Верхне-Макаровском водохранилище и его притоках позволил установить, что водоем получает большую часть загрязняющих веществ с водой р. Чусовая, также из небольших притоков частного водосбора (рис. 1). Основными загрязняющими веществами воды водохранилища являются: ионы металлов – железо, медь, цинк, марганец, а также алюминий; органические вещества в форме ХПК (от 1,5 до 3 ПДК); биогенные элементы – минеральный и общий фосфор, общий азот с минеральными формами в виде иона аммония и нитрат иона.

Содержание ионов металлов во все периоды многократно превышало нормы ПДКрх: железо общее – от 19 до 30 раз; марганец – от 16 до 42; медь – от 19 до 26 раз весной, от 5 до 18 раз – летом и от 11 до 20 раз осенью; цинк – до 3 раз. Превышение экологического норматива по фосфору фосфатов (0,05 мг/л [2]) наблюдали в период летней межени. Наибольшие показатели P-PO₄⁻ были обнаружены в р. Чусовой – 0,071 мг/л и в реке Мочаловка-2 – 0,056 мг/л, из чего следует, что основной поставщик этого биогенного вещества – главная водная артерия, пополняющая водохранилище, а также небольшие притоки частного водосбора.

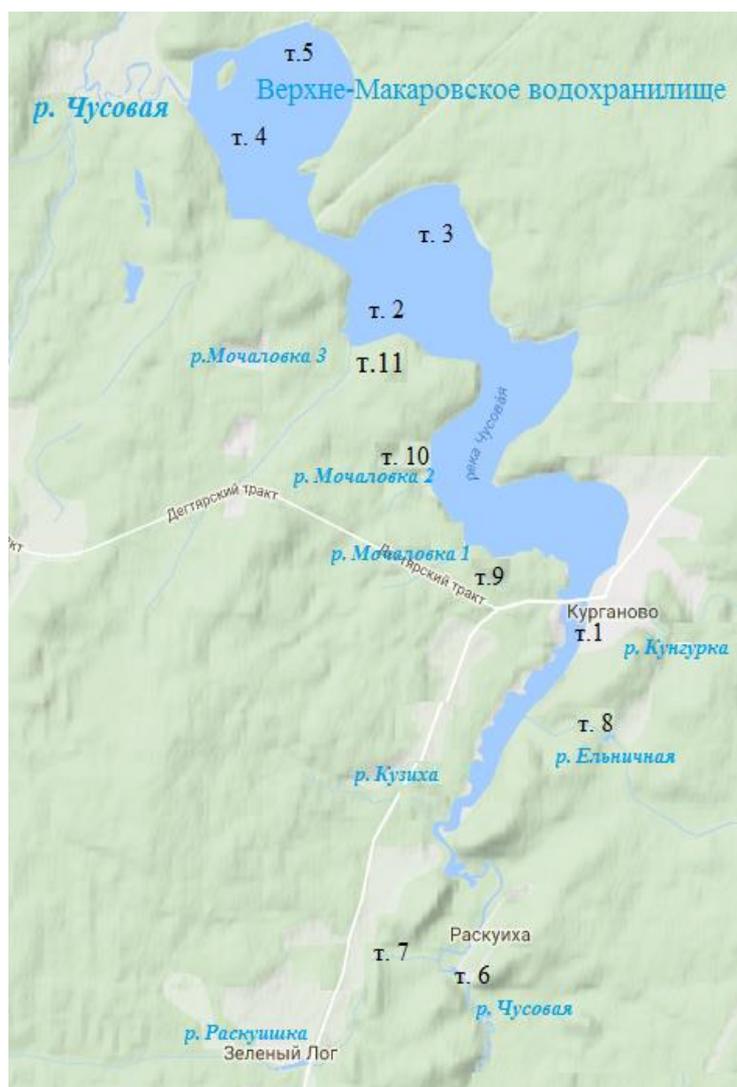


Рис.1. Схема расположения точек наблюдений на акватории и притоках Верхне-Макаровского водохранилища.

Качество воды в Верхне-Макаровском водохранилище по гидрохимическим показателям квалифицируется как соответствующее 3–4 классу – от «удовлетворительной чистоты» до «загрязненной».

Продукционные характеристики фитопланктона водохранилища, насчитывающего 74 вида, разновидности и формы водорослей из 8 отделов – высокие: численность клеток водорослей изменялись от 11,08 до 168,77 млн кл/л, биомасса – от 8,34 до 20,20 мг/ дм³. Структура фитопланктонного сообщества Верхне-Макаровского водохранилища в августе имела ряд отличий от структуры большинства континентальных водоемов: выявлено высокое видовое разнообразие синезеленых водорослей, которые доминировали по численности и биомассе. Вместе с синезелеными большую долю общей биомассы сообщества определяли динофитовые извгленовые водоросли. Высокий уровень численности и биомассы водорослей, преобладание в структуре синезеленых, динофитовых и эвгленовых водорослей могут служить косвенным показателем органического загрязнения Верхне-Макаровского водохранилища.

Высокие концентрации хлорофилла «а» в течение всего вегетационного периода (до 70 мкг/л) указывали на стабильный высокоэвтрофный статус водоема, сопровождающийся явлением «цветения».

Макрофиты – один из важнейших факторов самоочищения, имеют слабое развитие, связанное со значительным колебанием уровня воды и с продолжительным пребыванием

репродуктивной зоны макрофитов в осушенном состоянии. Общая площадь зарастания погруженными и полупогруженными высшими водными растениями не превышает 1 % от площади водоема.

Зоопланктон, насчитывающий 20 видов, наибольшую продуктивность имел весной и летом в верховье водохранилища, чему способствовало наличие богатой пищевой базы в виде органического вещества и бактерий. Видовой состав макрозообентоса водоема бедный и составляет 10 таксонов уровня вида и выше, при этом все виды принадлежат зоне открытой акватории водоема с типичными лентическими условиями. Таксономический состав макрозообентоса водохранилища представлен типичными видами Палеарктики. Биомасса бентоса в среднем за сезон по акватории составила 2,11 г/м², при численности 296 экз/м².

По гидробиологическим показателям качество воды оценивалось: 1 – по биомассе фитопланктона – «умеренно загрязненная» (класс 4а) в мае, в августе – как «сильно загрязненная» (класс 4б); 2 – по содержанию хлорофилла «а» – от «вполне чистой» до «загрязненной»; 3 – по макрозообентосу – водохранилище находится в умеренно угнетенном состоянии.

Эксперименты с донными отложениями, проведенные в лаборатории, указали, что они являются источником вторичного загрязнения по фосфору минеральному, фосфору общему, нитратному азоту, ХПК, меди (2+), цинку(2+). Однако площадь и количество донных отложений с подобными свойствами незначительна, они не могут оказать существенного влияния на общий процесс формирования качества воды.

Анализ количества поступающих ингредиентов в водохранилище показал, что основной поставщик загрязнений в водохранилище – р. Чусовая, далее – притоки частного водосбора, водоохранная зона и внутриводоемные процессы.

Исходя из российского и зарубежного опыта реабилитационных мероприятий и анализа ситуации, для снижения поступления загрязнений в р. Чусовая из небольших притоков решено предложить строительство ботанических площадок, или, так называемых, биоплато в устьевых участках малых рек, впадающих в Чусовую. Формирующаяся в них высшая водная растительность будет ассимилировать биогенные вещества и другие загрязнения. Эффективность работы подобных сооружений доказана в лабораторных и натуральных экспериментах РосНИИВХ [3– 6]. Установлено, что для теплого периода года при прохождении через ботаническую площадку (рогоз) за 90 мин величина БПК₅ снизилась с 5,25 до 0,8 мгО₂/л, т. е. на 84,7 %, содержание фосфора минерального – с 0,62 до 0,056 мг/л (на 91 %), азота нитратного – с 5,9 до 1,0 мг/л (на 83 %). Для осенне-зимних условий также наблюдалась очистка воды от соединений фосфора и азота (за исключением азота органического), но в меньшей степени, что объясняется прекращением жизнедеятельности высших водных растений. Очистка происходила в основном за счет микроорганизмов обрастаний. Так, за 90 мин контакта воды с воздушно-водными растениями (рогоз) в октябре-ноябре наблюдалось снижение азота аммиачного с 2,1 до 0,8 мг/л (на 61 %), азота нитритного – с 0,08 до 0,03 мг/л (62 %), азота нитратного – с 3,52 до 1,7 мг/л (51 %), фосфора минерального – с 0,78 до 0,1 мг/л (87 %). Происходило увеличение содержания азота органического при прохождении через ботаническую площадку, что связано с частичным разложением высшей водной растительности. Так, за 20 мин контакта с макрофитами содержание азота органического в октябре увеличивалось на 5–8 % по отношению к природной воде.

В ходе исследований РосНИИВХ, установлено, что время снижения концентрации минерального фосфора в гипотетическом биогеохимическом барьере Верхне-Макаровского водохранилища с учетом того, что максимальные концентрации за время исследования в воде на входе достигали 0,2 мг/л, до экологической нормы – 0,05 мг/л произойдет через 5 суток. Если учесть, что такие концентрации выявлялись редко, а в основном составляли от 0,1 до 0,072 мг/л, то время снижения содержания фосфора до нормативного уменьшится до 2 суток.

На основании полученных во время исследований данных по фосфору и использовании их в модели В.В. Бульона, были произведены расчеты продукции

трофических звеньев экосистемы Верхне-Макаровского водохранилища [7]. Трофический статус водоема по результатам обработки соответствовал уровню высокой эвтрофности. Имитация условий, а именно, гипотетическое снижение концентрации фосфора только на 20 мкг/л по той же модели показало снижение продукционных характеристик и трофического статуса до уровня мезотрофного, т. е. концентрация водорослей составит не более 2 – 2,5 мг/л.

Эффективность накопления металлов в биомассе высших водных растений, согласно натурным исследованиям, проведенными РосНИИВХ, представлена в таблице.

Таблица. Накопление некоторых ингредиентов высшими водными растениями в условиях интенсивного загрязнения природных вод соединениями металлов, % от средней биомассы

| Объекты исследования | Содержание металлов | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|-------|-----|--------|
| | Cd | Cu | Pb | Fe | Zn | Ca | As |
| Листья рогоза, зеленые | 0,021 | 0,0115 | 0,125 | 1,045 | 0,225 | 5,5 | 0,002 |
| Корень рогоза | 0,027 | 0,074 | 0,145 | 7,42 | 0,405 | 3,4 | 0,036 |
| Листья тростника (отмирающие) | 0,0165 | 0,0305 | 0,115 | 1,365 | 0,48 | 6,5 | 0,0005 |
| Листья тростника, зеленые | 0,0215 | 0,0435 | 0,115 | 6,66 | 0,29 | 2,6 | 0,0029 |
| Соцветие тростника | 0,029 | 0,05 | 0,011 | 0,108 | 0,004 | – | – |
| Стебель тростника | 0,025 | 0,0025 | 0,0105 | 0,0441 | 0,001 | – | – |
| Корень тростника | 0,2 | 0,1185 | 0,12 | 7,84 | 0,76 | – | 0,014 |

На начальном этапе рекомендуется построить ботанические площадки в районе д. Полдневая, где протекает р. Полдневая Чусовая, принимающая притоки рек Каменка, Стебенёвка, Омелёвка. Выбор этой территории основан на том, что эта местность имеет развитое животноводство, а на водосборе указанных рек имеются полигоны хранения навоза.

Примерная стоимость сооружения одной дамбы длиной в 10 м вместе с проектированием составит около 200 тыс. рублей.

Следующий участок для формирования биоплато в устьевых участках – реки Красногорка и Раскуишка. На водосборе первой реки находится одноименный населенный пункт Красногорка с населением 402 человека и три садовых некоммерческих товарищества. На водосборе р. Раскуишки имеется животноводческий комплекс крупного рогатого скота в Зеленом Логе, а также на значительных площадях бывших сельхозземель, выделенных под строительство коттеджных поселков, уже интенсивно ведутся работы. Из этого следует, что уровень антропогенной нагрузки на водосбор р. Чусовой на данном участке в ближайшее время увеличится.

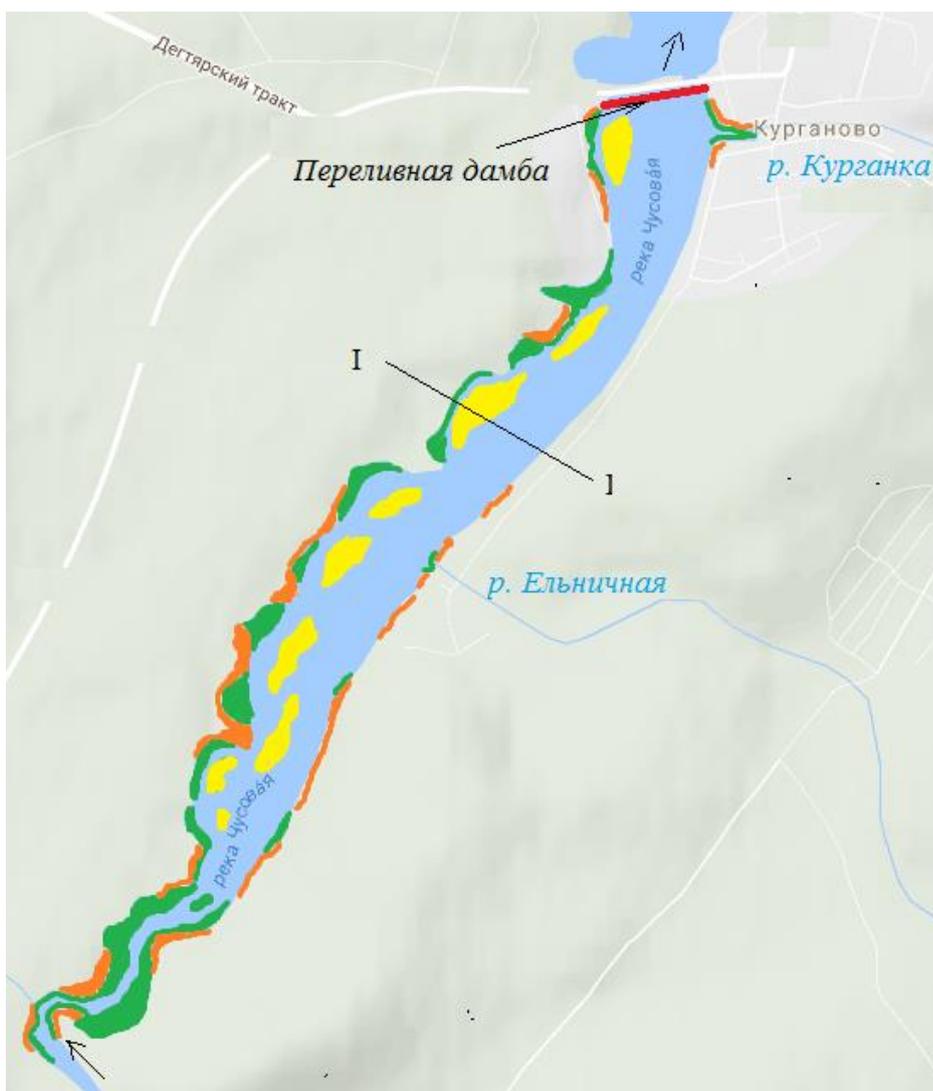


Рис. 2. Верховье Верхне-Макаровского водохранилища, с. Курганово. Предлагаемое место создания предводохранилища: оранжевым цветом показаны площади произрастания прибрежно-водных растений, зеленым – погруженных, желтым – растений с плавающими на поверхности воды листьями.

Для снижения загрязнения биогенными веществами и тяжелыми металлами непосредственно водохранилища необходимо рекомендовать создание предводохранилища (рис. 2), на котором сформируется пойменное биоплато – один из типов ботанических площадок. Для этого следует построить переливную плотину в с. Курганово перед мостом, выше по течению, по которому проходит автодорога Екатеринбург – Полевской, отгородив верхнюю часть водохранилища для поддержания там постоянного уровня воды 316,5 м. Это позволит исключить большое снижение уровня воды в верховьях водохранилища при его сработке в зимний период, что в настоящее время приводит к вымерзанию репродуктивных органов высших водных растений, летом это предотвратит их высыхание. Длина такой дамбы составит 340 м. Необходимость проведения отдельных мероприятий на реках Курганка и Ельничная автоматически исключится, т. к. их воды будут поступать на биоплато.

Зарастаемость верховьев Верхне-Макаровского водохранилища в настоящее время составляет 4 %, в то время как ее оптимальная величина должна быть 40 % и более. Видовой состав растений ботанической площадки можно обогатить интродуцентами, одним из которых может стать, так называемая «уральская эйхорния» – телорез. Это растение –

плавающее, неприхотливое, обитает в различных водоемах и водотоках, дает высокую биомассу. В конце вегетационного периода возможно удаление биомассы за пределы водоема.

Строительство переливной плотины позволит поддерживать оптимальные глубины от 1 до 2 м на большей части акватории, тем самым стимулировать развитие высшей водной растительности, что позволит довести зарастание акватории высшей водной растительностью до 40–50 %. Кроме того, при падении воды с высоты плотины будет происходить дополнительная аэрация, в том случае, если уровень воды в основной части водохранилища ниже отметки 316,5 м. При поддержании воды на НПУ (317 м) после наполнения водохранилища и затопления плотины в весенний период создаются обычные условия для нереста рыбы, поэтому ихтиофауне вреда наноситься не будет.

Расчет времени пребывания воды в предводохранилищах произведен на уровень 316,5 м для лета маловодного года. Площадь зеркала предводохранилища F равна 537600 м² или 54 га. Средняя глубина $H_{\text{ср}}$ в предводохранилище – 1,67 м. Объем предводохранилища оставляет 913920 м³. Приток воды $Q_{\text{ср}}$ в предводохранилище – 3,58 м³/с. При таких исходных параметрах водообмен составляет 3 суток. Стоимость проектирования и строительства дамбы – от 10 700000 рублей.

Особое внимание необходимо уделить водоохранным зонам и прибрежным полосам. Необходимо обратить внимание на создание защитной прибрежной полосы вдоль правого берега у с. Курганово. Здесь полностью нарушается статус водоохранной зоны: строения КП «Белые росы», почти вплотную подступившие к берегу водохранилища, отделены от водоема только узким полотном дороги.

Прибрежные защитные полосы, как правило, должны быть заняты древесно-кустарниковой растительностью или залужены.

Отмечено, что любители водных рекреаций оставляют автотранспорт вблизи от уреза воды, а летом, после снижения ее уровня и образования широкого пляжа, беспрепятственно разъезжают по береговой линии (рис. 3). Такой вид активного отдыха следует регламентировать работой санитарной полиции. Патрулирование водоохранной зоны должно быть регулярным и во все сезоны года.

На берегах наблюдается замусоренность, формируются свалки отходов и мусора (рис. 4). Поддержание в надлежащем состоянии водоохранных зон, прибрежных защитных полос и водоохранных знаков возлагается на водопользователей. Собственники земель, землевладельцы и землепользователи, на землях которых находятся водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы, обязаны соблюдать установленный режим использования этих зон и полос.

Подводя итог исследованиям, следует констатировать, что на водосборе Верхне-Макаровского водохранилища и в его водоохранной зоне для оздоровления экосистемы необходимо проведение следующих реабилитационных мероприятий:

1. Формирование биоплато в устьях притоков р. Чусовой: рек Каменки, Стебенёвки, Омелёвки, Красногорки, Раскуишки.

2. Создание предводохранилища методом строительства переливной дамбы и формирования пойменного биоплато выше автодорожного моста.

3. Мероприятия на водосборе (д. Полдневая) по защите поверхностных вод от воздействия навозохранилищ.

4. Организация в водоохранной зоне патрулирования санитарной полиции с задействованием транспорта: летом – автомобиля и моторной лодки; наведение санитарного порядка в водоохранной зоне, в наибольшей степени подверженной антропогенной нагрузке (очистка от мусора, установка контейнеров с организацией их вывозки, установка на границе водоохранной зоны соответствующих знаков и плакатов с изложением правил поведения в водоохранной зоне и на акватории).

5. Соблюдение нормативов ведения хозяйственной деятельности водопользователями, строения которых располагаются в водоохранной зоне в соответствии с нормативными документами.



Рис. 3. Водохранилище в период летней межени в районе с. Курганово.



Рис. 4. Свалка отходов и мусора на берегу водохранилища.

6. Поставить вопрос перед природоохранными органами области, (в т. ч. природоохранной прокуратуры) о запрещении какого-либо строительства в водоохраных зонах водных объектов, являющихся источниками водоснабжения населенных пунктов.

Анализ гидрохимической ситуации в Верхне-Макаровском водохранилище и его притоках позволил установить, что водоем получает большую часть загрязняющих веществ по р. Чусовой, а также из небольших притоков частного водосбора. Основными загрязняющими веществами водохранилища являются ионы металлов – железа, меди, цинка, марганца, алюминия; органическое вещество в форме ХПК; биогенные вещества в виде минерального и общего фосфора.

Негативные явления в летний период в водоеме, как правило, связаны с высокой продукционной деятельностью фитопланктона, вторичным загрязнением, что тесным образом связано с климатическими условиями и уровнем режимом.

При существующей на данном этапе ситуации, в качестве реабилитационных мероприятий предлагается: 1 – произвести формирование биоплато в устьевых участках малых рек, впадающих в р. Чусовая; 2 – создать предводохранилище в районе с. Курганово; 3 – провести мероприятия на водосборе по защите поверхностных вод от воздействия навозохранилищ; 4 – организовать в водоохранной зоне патрулирование санитарной полицией; 5 – обязать выполнять нормативы ведения хозяйственной деятельности водопользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Декларация безопасности гидротехнических сооружений Верхне-Макаровского гидроузла на р. Чусовая. ЕМУП Водоканал. Екатеринбург. 2012.
2. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утв. Минприроды России. 30 ноября 1992.
3. Разработка мероприятий по улучшению гидробиологического и гидрохимического состояния водохранилищ системы водоснабжения г. Свердловска // Отчет по НИР РосНИИВХ, науч. рук. А.Н. Попов. Екатеринбург. 1994. 158 с.
4. Попов А.Н. Прогноз и регулирование качества поверхностных вод (в условиях Урала): дис. ...д-ра техн. наук. Ростов-на-Дону, 1992. 262 с.
5. *Бондаренко В.В.* Охрана водных объектов от загрязнения сточными водами и рассредоточенным стоком с помощью биоинженерных систем: дис. ...д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2000. 232 с.
6. *Попов А.Н., Почечун В.А., Семячков А.И.* Инновационные технологии защиты водных объектов в горно-промышленных районах/под редакцией профессора А.И. Семячкова. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2009. 128 с.
7. *Бульон В.В.* Влияние ключевых биотических и абиотических факторов на рыбопродуктивность водоемов. Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды / Материалы II междунар. науч. конф. Минск: БГУ, 2003. С. 15–18.

Сведения об авторах:

Попов Александр Николаевич, заведующий отделом научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: pan1944@rambler.ru

Мухутдинов Валерий Федорович, ведущий научный сотрудник, сектор гидробиологических исследований, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: muhutdinov1@rambler.ru

Павлюк Тимур Евгеньевич, заведующий сектором гидробиологических исследований, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: t.pavluk@mail.ru

Загайнова Екатерина Владимировна, младший научный сотрудник, отдел научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ РосНИИВХ, 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23.

Бутакова Елена Анатольевна, младший научный сотрудник, отдел научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов, ФГБУ РосНИИВХ, 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23.

Фоминых Алексей Сергеевич, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: fominyh82@mail.ru

Полыгалов Андрей Сергеевич, научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23.

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
НА ВОДОСБОРАХ, НАРУШЕННЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
Рыбникова Л.С.^{1,2}, Рыбников П.А.¹**

¹ФГБУН «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук»,
г. Екатеринбург, Россия

²ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и
охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
luserib@mail.ru, ribnikoff@yandex.ru

Ключевые слова: подземные воды, загрязнение, горные работы.

На водосборах, нарушенных горными работами, месторождения пресных подземных вод находятся в условиях значительной перестройки балансовой структуры водоотбора как в процессе горнодобывающей деятельности, так и особенно после ее завершения. Для оценки возможности использования подземных вод в постэксплуатационный период необходимо организовать управление их качеством. Принципы управления разрабатываются на основе оценки эколого-гидрогеохимического состояния подземных вод в зоне ведения горных работ, выявления закономерностей изменения качества подземных вод и количественного анализа источников их формирования. Отключение карьерных (или шахтных) водоотливов, при наличии в пределах депрессионной воронки отработанных, затопленных и рекультивированных карьеров, может приводить к неконтролируемому загрязнению подземных вод и утрате питьевых водозаборов.

**DRINKING GROUNDWATER QUALITY MANAGEMENT ON THE WATERSHEDS
DISTURBED BY MINING**

Rybnikova L.S.^{1,2}, Rybnikov P.A.¹

¹Russian Academy of Sciences Ural Branch Institute of Mining
Ekateinburg, Russia

²RosNIIVKh

Ekateinburg, Russia

luserib@mail.ru, ribnikoff@yandex.ru

Key words: ground water, pollution, mining.

In watersheds disturbed by mining activities, deposits of fresh underground waters are under a significant restructuring of the balance sheet structure of water in the process of mining activities, and especially after working out. To assess the possibility of groundwater use in post-operational period it is necessary to control their quality. Management principles are developed on the basis of the identification of patterns of change in groundwater quality and quantification of sources of their formation. Switching-off the career (or mine) drainages, when exhaust, dumped and re-cultivated pits are present within the cones of depression, may lead to uncontrolled groundwater contamination and loss of drinking water intakes.

**Особенности формирования ресурсов и качества питьевых подземных вод
на водосборах, нарушенных горнодобывающей деятельностью**

Подземные воды, поступающие в горные выработки при разработке месторождений твердых полезных ископаемых – попутное полезное ископаемое, которое может использоваться для водоснабжения, орошения, извлечения ценных компонентов, в бальнеологических целях [1, 2]. Возможность и целесообразность использования карьерных и шахтных вод при осушении месторождений определяется в процессе разработки

дренажных мероприятий при подсчете балансовых запасов месторождений твердых полезных ископаемых (МТПИ). Наиболее успешные примеры реализации такой практики – системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, организованные в районе Курской магнитной аномалии, в Казахстане, Украине, а также на ряде МТПИ Уральского региона [3, 4].

Возможность использования подземных вод, извлекаемых дренажными системами, для питьевых целей определяется санитарно-эпидемиологическими требованиями, которые предъявляются к источникам водоснабжения питьевого назначения санитарными нормами и правилами [5, 6]. При этом вводится одно из существенных ограничений – необходимость организации зоны санитарной охраны (ЗСО) водозабора в составе трех поясов для обеспечения защиты от микробного и химического загрязнения на весь период его эксплуатации, причем в пределах ЗСО запрещено размещение объектов, обуславливающих опасность микробного и химического загрязнения подземных вод, в т. ч. закачка отработанных вод в подземные горизонты, подземное складирование твердых отходов и разработка недр [6]. Для выполнения этого требования в процессе отработки МТПИ необходимо обеспечить управление гидродинамическим режимом территории таким образом, чтобы формирование областей питания питьевого водозабора происходило в пределах «чистых» территорий. Этого можно достичь при использовании внешних систем осушения, расположенных вне горных выработок шахт и карьеров (законтурные водопонижительные системы скважин с поверхности или подземные дренажные устройства); автономных каптажей в подземных горных выработках, не связанных с внутришахтным водоотливом. При этом формирование подземных вод происходит за пределами возможного влияния источников загрязнения, в том числе без взаимодействия подземных вод с осушенной частью рудной толщи, что позволяет избежать значительного ухудшения качества дренажных вод, например, в результате окисления тяжелых металлов в условиях свободного доступа кислорода.

Схема осушения в процессе отработки МТПИ изменяется вслед за развитием горных работ, также как и санитарно-экологическая обстановка в пределах водозабора, нарушенного горнодобывающей деятельностью, в частности, в результате создания отвалов некондиционных руд, засыпки отработанных карьеров и т.п. Наиболее значительные изменения горнотехнических условий происходят каждые 12–15 лет [4], продолжительность эксплуатации МТПИ обычно значительно превышает этот срок, поэтому периодически выполняется переоценка эксплуатационных запасов подземных вод на основе данных мониторинга.

На постэксплуатационном этапе, после завершения отработки МТПИ, как правило, осуществляется мокрая консервация горнорудного объекта. Следствием этого является принципиальное перераспределение источников формирования эксплуатационных запасов месторождения подземных вод (их видов, количественного и качественного состава); изменение границ и площади месторождения; образование новых объектов загрязнения или вовлечение ранее образованных в область захвата. Тем не менее, многие водозаборы продолжают эксплуатироваться, что определяется сложившейся в течение десятилетий инфраструктурой, в которой месторождения подземных вод являются важной составляющей системы водоснабжения. Для обоснования возможности их использования в качестве источника питьевого водоснабжения должны выполняться специальные работы, в результате которых перераспределяются или сокращаются нагрузки, создаются системы водоподготовки и барражного (защитного) водоотлива.

Опыт использования подземных вод для питьевого водоснабжения при отработке и консервации МТПИ

Большая часть месторождений полезных ископаемых Среднего Урала расположена в пределах горно-складчатого Урала. Отработка месторождений практически всегда происходит под защитой водопонижительных систем. Объемы извлечения подземных вод,

сопровождающие добычу полезных ископаемых на горно-складчатом Урале, весьма значительны. Так, извлечение подземных вод (доля дренажного водоотлива) на территории Свердловской и Челябинской областей составляет около 20 % от суммарного по России, при этом добыча подземных вод – меньше 4 % от суммарной. При осушении МТПИ на территории Свердловской области извлекается в 2 раза больше подземных вод, чем добывается для хозяйственно-питьевых нужд, при этом практически вся дренажная вода (больше 90 %) сбрасывается без использования [3].

Несмотря на это, дренажные подземные воды – это важная часть водохозяйственного баланса Свердловской области, их использование более широко распространено для производственно-технического водоснабжения, поскольку в этом случае особые требования к качеству воды обычно не предъявляются. В Свердловской области эксплуатируется около 60 водопонижительных систем, из них 12 месторождений подземных вод с утвержденными запасами около 80 тыс. м³/сут. Наибольшее количество подземных вод при ведении горнодобывающих работ извлекается в Свердловской области на Североуральском бокситовом руднике (353 тыс. м³/сут), Березовском золоторудном месторождении (41 тыс. м³/сут), Высокогорском железорудном месторождении (34 тыс. м³/сут), Галкинском карьере известняков (30 тыс. м³/сут) и на Агаповском карьере известняков в Челябинской обл. (64 тыс. м³/сут).

Для питьевых целей в настоящее время эксплуатируется несколько месторождений пресных подземных вод (МППВ), запасы которых первоначально утверждались в схеме водоотлива горнорудного предприятия как попутное полезное ископаемое (таблица). Из этих объектов действуют только Северо-Уральские бокситовые рудники и эксплуатируется Кальинское МППВ, остальные МТПИ отработаны и добыча на них завершена, водоотлив уменьшен, одним из источников формирования ресурсов и качества подземных вод становится привлечение воды из техногенного водоема – карьерного озера [7].

Таблица. Месторождения питьевых подземных вод, запасы которых первоначально утверждались как попутное полезное ископаемое

| № пп | Наименование | Наименование МТПИ | Запасы | | Фактическое использование для ХПВ ^{***} , тыс.м ³ /сут |
|--------------|--------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--|
| | | | количество, тыс. м ³ /сут | инстанция и дата утверждения | |
| Действующие | | | | | |
| 1 | Кальинское | Северо-Уральские бокситовые | 50,0 | ТКЗ* 20.11.2001 | 36,2 |
| Отработанные | | | | | |
| 2 | Карпинское | Богословское бурогольное | 11,0 | НТС** 17.12.1962 | 4,8 |
| 3 | Липовское | Липовское никелевое | 13,8 | ТКЗ 11.03.2002 | 9,3 |
| 4 | Полдневское | Троицко-Байновское огнеупорных глин | 12,6 | ТКЗ 12.11.2002 | 11,3 |
| 5 | Черемшанское | Черемшанское никелевое | 8,2 | НТС 1977 | 9,3 |

Примечание: *ТКЗ – территориальная комиссия по запасам; **НТС – научно-технический совет; ***ХПВ – хозяйственно-питьевое водоснабжение.

Оценка эколого-гидрогеохимического состояния подземных вод в зоне ведения горных работ

Основными источниками формирования эксплуатационных запасов подземных вод в районе ведения горных работ на Среднем Урале являются: сокращение разгрузки и поверхностные дрены, осушение пород, увеличение инфильтрационного питания, привлечение поверхностного стока. Формирование качества подземных вод происходит в результате процессов сернокислотного выщелачивания техногенной зоны аэрации и характеризуется повышением содержания ряда компонентов по сравнению с фоном: в частности, сульфат-иона в 5–10 раз [7].

После завершения отработки МТПИ и уменьшения водоотлива происходит частичное заполнение депрессионной воронки, формирование карьерных озер, техногенных водоносных горизонтов в рекультивированных горных выработках. Значительную долю в балансе эксплуатационного водоотбора начинает составлять привлечение ресурсов карьерных озер и поступление воды из техногенных водоносных горизонтов, сформированных в отвалах и рекультивированных карьерах. Качество вод карьерных озер зависит от состояния карьерной выемки. Сернокислотное выщелачивание невыбранной руды приводит к формированию вод с коэффициентом концентрации по сульфат-иону не более 15.

Значимость поступления в продуктивный водоносный горизонт вод техногенного водоносного горизонта, сформировавшегося в отвалах и рекультивированных карьерах (при условии их предварительного осушения), оценивается как незначительная. Коэффициент концентрации по сульфат-иону в водоносном горизонте составляет менее 20. Техногенный горизонт в массиве вскрышных пород и некондиционных руд рекультивированного карьера – локальный и маломощный, хотя и имеет очень высокий коэффициент концентрации по сульфат-иону (до 110).

Мокрая рекультивация (частичное заполнение выработанного пространства отработанных карьеров породами вскрыши, некондиционных руд) – причина формирования вод с очень высоким уровнем загрязнения: здесь отмечается более чем 25–50 кратное повышение содержания компонентов по сравнению с фоновым. Это вызвано формированием техногенного водоносного горизонта, который, находясь в непосредственном контакте с насыщенной кислородом водой, становится источником постоянного поступления продуктов сернокислотного выщелачивания.

Формирование месторождений питьевых подземных вод в зоне, нарушенной горными работами, определяется несколькими факторами, в том числе типом полезного ископаемого, способом рекультивации нарушенной территории, конструкцией водозабора. Закономерности изменения химического состава подземных вод и их эколого-геохимическое состояние здесь зависят от направленности гидродинамических и гидрогеохимических процессов на разных этапах освоения территории. Управление качеством питьевых подземных вод на горнопромышленных ландшафтах осуществляется исходя из оценки балансовых составляющих (массовых расходов), формирующихся в различных условиях: техногенных, природно-техногенных и ненарушенных (естественных).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по оценке эксплуатационных запасов подземных дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых. М.: ВСЕГИНГЕО, 1992. 67 с.
2. Рошаль А.А. Оценка запасов и использование дренажных подземных вод при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Режим доступа: <http://www.geolink-consulting.ru/company/publications/drenazh.html>. (дата обращения 01.03.2017).
3. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2010 г. Вып. 34. М.: ООО «Геоинформмарк», 2011. 208 с.

4. *Плотников Н.И., Рогинец И.И.* Гидрогеология рудных месторождений. М.: Недра, 1987. 287 с.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (зарег. в Минюсте РФ 31 октября 2001 г., регистрационный номер 3011). М.: Минздрав РФ, 2002. 62 с.
6. СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения» (зарег. в Минюсте РФ 24 апреля 2002 г., регистрационный номер 3399). М.: Минздрав РФ, 2003. 18 с.
7. *Рыбникова Л.С., Рыбников П.А.* Особенности формирования запасов месторождений подземных вод, эксплуатируемых дренажными системами на горно-складчатом Урале // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2015. № 3. С. 204–219.

Сведения об авторах:

Рыбникова Людмила Сергеевна, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Россия, 620049 г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: luserib@mail.ru

Рыбников Петр Андреевич, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук», Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58; e-mail: ribnikoff@yandex.ru

**К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕФТЕШЛАМОВ**

Таньшин С.В.

Общественная палата Ханты-Мансийского
автономного округа – Югры, г. Ханты-Мансийск, Россия
op@admhmao.ru

Ключевые слова: Ханты-Мансийский автономный округ, нефтешламовые амбары, экологическая безопасность.

Показано участие общественных формирований в решении проблем экологической безопасности конкретной территории.

**ON THE ISSUE OF THE OIL-SLIME NEGATIVE ENVIRONMENTAL
CONSEQUENCES REDUCTION**

Tanshin S.V.

The Khanty-Mansy –Yugra Autonomous District Non-governmental Chamber,
Khanty-Mansiysk, Russia
op@admhmao.ru

Key words: Khanty-Mansy Autonomous District, oil-slime dumps, environmental safety.

The non-governmental formations' participation in solution of the concrete territory environmental safety problems has been illustrated.

Ханты-Мансийский автономный округ – ведущий добытчик нефти и один из самых крупных ее производителей в мире. Добыча нефти началась в 1960 годы прошлого века и развивалась крайне быстро. Пик добычи был достигнут в 1988 г. – 335,0 млн т, затем произошел серьезный спад и далее, начиная с 2000 г. начался новый подъем уровня добычи нефти. В настоящее время Ханты-Мансийский автономный округ – Югра занимает первое место среди регионов страны по величине разведанных запасов и добыче нефти.

К сожалению, любая деятельность человека приводит в той или иной мере к загрязнению окружающей среды и изменению экологической обстановки в районе его деятельности. К сожалению, деятельность по обеспечению цивилизации энергией – не исключение. Добыча нефти, ее транспортировка, переработка и использование, принося несомненную пользу человечеству, также не обходится без серьезных экологических последствий.

Так, на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югра существует не один десяток нефтешламовых амбаров, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду – воздух, почву, подземную воду, растительный и животный мир. В настоящее время обработка, утилизация и обезвреживание нефтешламов, накопленных в амбарах-накопителях нефтедобывающих предприятий, является важнейшей проблемой. Амбары занимают значительные земельные площади, загрязняя окружающую среду.

На территории муниципалитетов Ханты-Мансийского автономного округа – Югра постоянно проводятся общественные слушания по строительству заводов по утилизации нефтешламов. Представители нефтяных компаний на этих слушаниях не представляют в полном объеме информацию по экологической безопасности эксплуатации данных заводов.

Так, на территории Советского района ХМАО – Югры проходили общественные слушания на эту актуальную тему. После неубедительных доводов и объяснений представителей нефтяной компании о том, что амбары и заводы по переработке нефтешламов никаким образом пагубно не влияют на экологию, было принято решение о приостановлении строительства данных объектов.

Во-первых, эти объекты предполагалось разместить рядом с водоемами. Во-вторых, непонятно, как будет использоваться материал, полученный при переработке нефтешламов. В-третьих, вызывает подозрение уровень загрязнения атмосферного воздуха и качество фильтрации воздуха при работе данного оборудования. Это можно расценивать как пример общественного влияния на решение экологических вопросов.

В феврале 2017 г. Комиссией по ЖКХ и экологической безопасности Общественной палаты Ханты-Мансийского автономного округа – Югры был рассмотрен вопрос о создании на территории округа регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами с участием в уставном капитале автономного округа. Данная тема для автономного округа крайне актуальна, поэтому комиссия Общественной Палаты намерена и дальше продолжать осуществление общественного контроля в этом направлении.

Сведения об авторе:

Таньшин Сергей Владимирович, председатель Комиссии по ЖКХ и экологической безопасности Общественной палаты Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ, Ханты-Мансийск, ул. Ленина, 40; email: op@admhmao.ru

**ПРОГНОЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОД ОЗЕРА КЕНОН
ПУТЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ ЕГО НА ДВЕ ЧАСТИ**

Тарасова С.Г., Заслоновский В.Н., Токарева О.Ю.

ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита, Россия
vnzaslonovskiy@mail.ru

Ключевые слова: качество воды, восстановление качественных характеристик, концентрация веществ, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты.

В работе представлены результаты расчета периода восстановления качественных характеристик вод оз. Кенон, являющегося водоемом-охладителем ТЭЦ.

**FORECAST OF THE LAKE KENON WATER QUALITY RESTORATION BY ITS
DIVISION IN TWO PARTS**

Tarasova S.G., Zaslunovskiy V.N., Tokareva O.Y.

Zabaikalskiy State University
Chita, Russia
vnzaslonovskiy@mail.ru

Key words: water quality, quality characteristics restoring, concentration of substances, chlorides, sulfates, bicarbonates

The article presents the results of the calculation of the recovery period for the quality characteristics of Lake Kenon waters, which is a thermal power station cooler pond.

Озеро Кенон находится в черте г. Читы и кроме антропогенной нагрузки от селитебных территорий испытывает значительное влияние со стороны промышленных предприятий, в частности, от Читинской ТЭЦ-1, для которой с 1965 г. является водоемом-охладителем. В настоящее время произошли существенные изменения в структуре водного баланса озера, его уровне и термическом режиме и в химическом составе вод [1]. Наблюдаются процессы деградации и ускоренной эвтрофикации озера [2, 3].

К настоящему времени предложено множество методик приостановления процессов загрязнения оз. Кенон [4–6], в т. ч. метод восстановления оз. Кенон посредством разделения его фильтрующей дамбой на две части: коммунально-бытовую и техногенную [7, 8]. Так как при разделении переток предполагается только в техногенную часть из коммунально-бытовой, подпитываемой перекачкой из р. Ингода, то концентрации загрязняющих веществ в коммунально-бытовой части будет уменьшаться вследствие их меньшего содержания в речной воде [9]. Разделение производится таким образом, что притоки, загрязненные фильтрационными водами золоотвала [10], и сбросные воды ТЭЦ-1 попадают в техногенную часть, из нее же осуществляется водоснабжение электростанции. Уровень воды в коммунально-бытовой части регулируется объемами перекачки из р. Ингода таким образом, чтобы предотвращать фильтрацию из техногенной части в коммунально-бытовую.

Имеющиеся многолетние исследования химического состава вод оз. Кенон позволяют выделить основные загрязняющие его вещества: сульфаты, хлориды, нефтепродукты. После ввода в эксплуатацию ТЭЦ-1 произошло увеличение концентрации сульфатов с одновременным падением содержания гидрокарбонатов. График изменения концентраций сульфатов и гидрокарбонатов представлен на рис. 1.

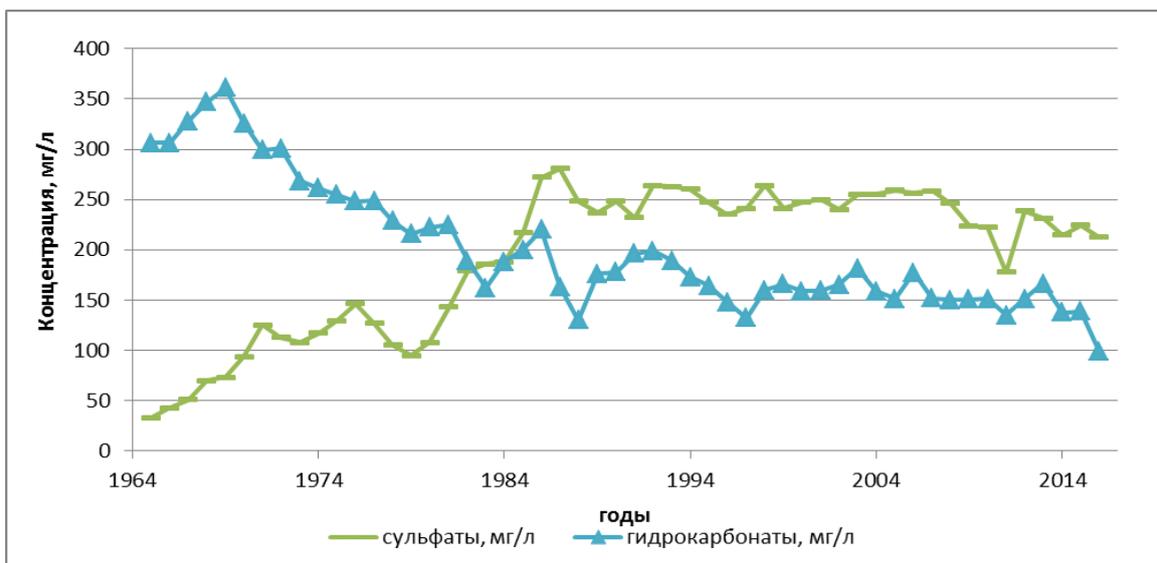


Рис. 1. Изменение концентрации сульфатов и гидрокарбонатов.

Расчет временного интервала, за который произойдет полное восстановление качества вод оз. Кенон до природного состояния, основан на «промывке» коммунально-бытовой части от загрязнения путем перекачки вод из р. Ингода и фильтрационном перетоке воды в техногенную часть, что исключает миграцию вод из техногенной части в коммунально-бытовую.

На основании расчета масс загрязняющих веществ, находящихся в коммунально-бытовой части, попадающих в озеро с перекачкой из р. Ингода и фильтрующихся в техногенную часть, были определены сроки снижения концентраций до их природного состояния. В качестве расчетного периода принят 1 год.

Данные расчета позволили выяснить, что за 10 лет возможно снизить концентрацию сульфатов в оз. Кенон до природного состояния. Данные расчетов представлены на рис. 2.

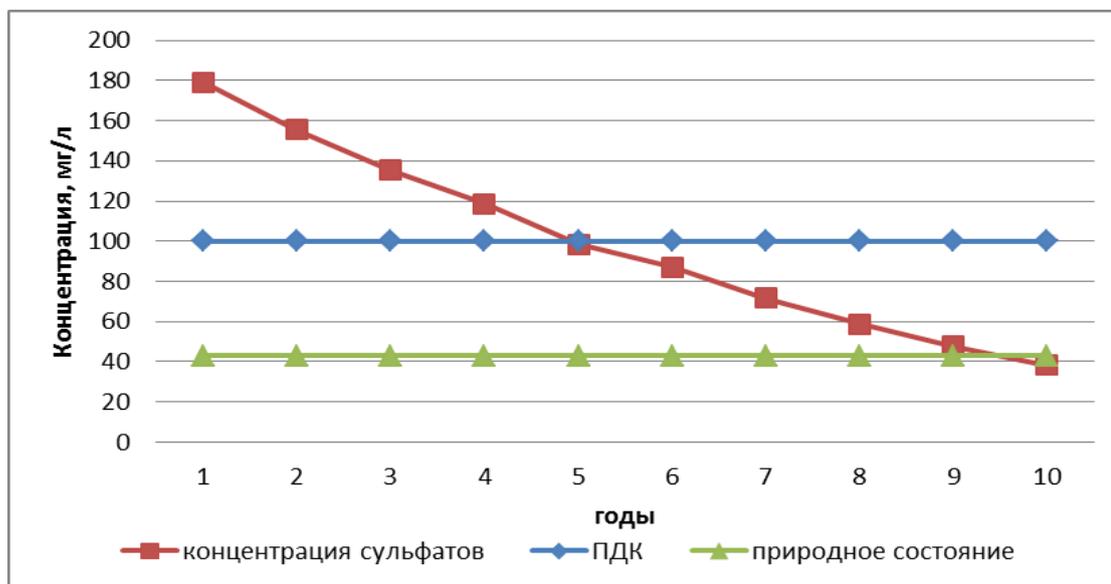


Рис. 2. График восстановления сульфатов до природного состояния.

В настоящее время концентрация хлоридов в озере не превышает ПДК, однако за период эксплуатации ТЭЦ-1 их содержание увеличилось более чем в 4 раза. Расчетом установлено, что за 11 лет возможно полное восстановление концентрации хлоридов до природного состояния. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

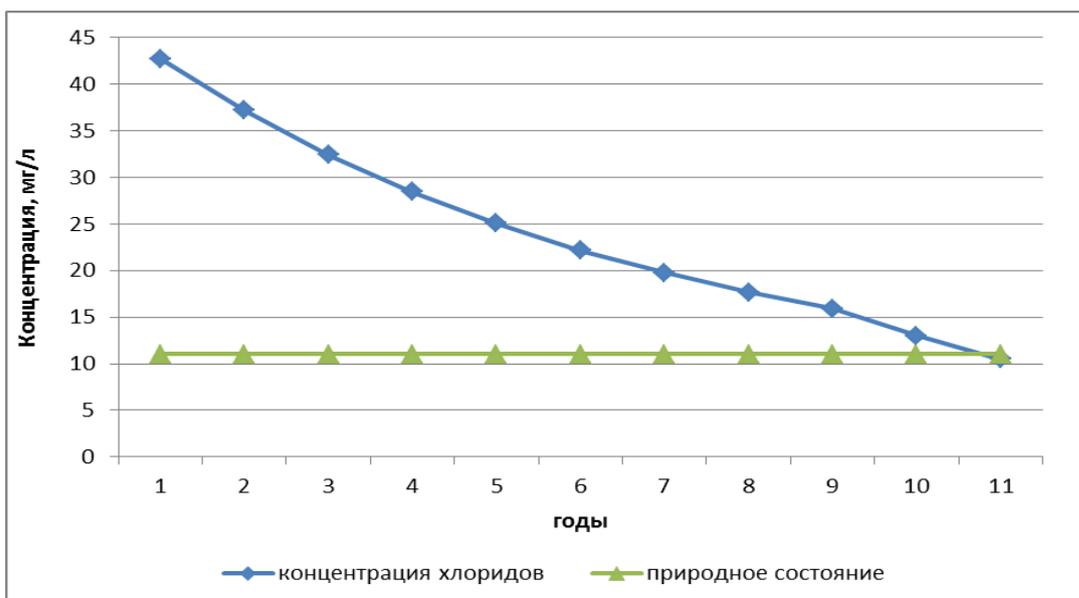


Рис. 3. График восстановления концентрации хлоридов до природного состояния.

Расчет восстановления содержания гидрокарбонатов в коммунально-бытовой части оз. Кенон до природного состояния по предложенному методу невозможен, т. к. водам р. Ингода свойственно низкое содержание этого компонента. После разбавления вод оз. Кенон водами р. Ингода концентрация гидрокарбонатов будет снижаться далее. Результаты расчетов за десятилетний период представлены на рис. 4.

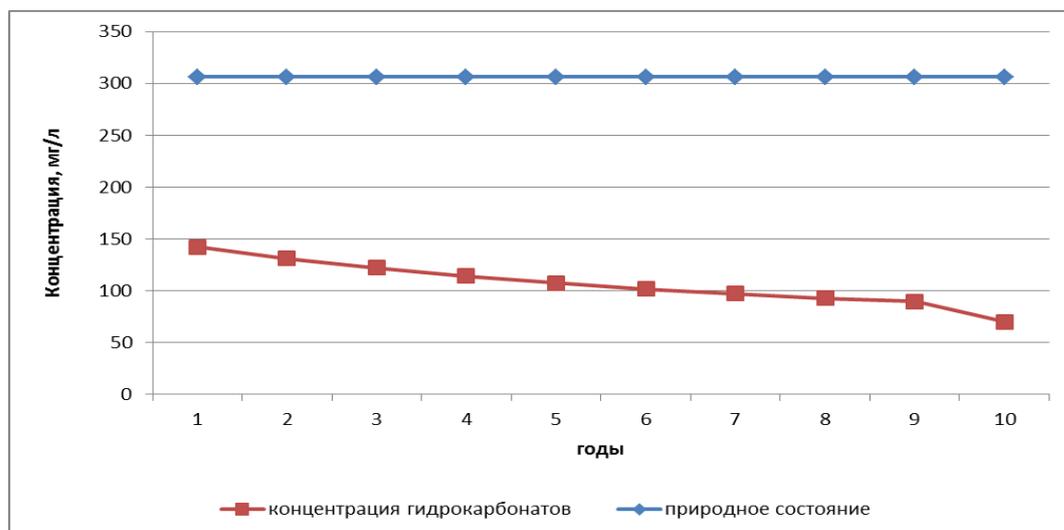


Рис. 4. График изменения концентрации гидрокарбонатов в коммунально-бытовой части.

Остальные вещества, такие как нефтепродукты, магний восстанавливаются гораздо быстрее, в пределах трех лет. Сопоставление масс притока и оттока позволило оценить временной промежуток восстановления качества вод озера по различным компонентам.

Таким образом, восстановление качественных характеристик оз. Кенон по предложенному методу произойдет за 10–11 лет. Восстановление качества вод происходит не только за счет «промывки», но и за счет снижения поступления загрязняющих веществ с притоками, сбросными водами, фильтрационными водами золоотвала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токарева О.Ю., Семенюк М.П., Заслоновский В.Н., Тарасова С.Г. Многолетние изменения химического состава вод оз. Кенон под влиянием ТЭЦ-1. //Кулагинские чтения: Техника и технологии производственных процессов. Материалы XVI Международной научно-практической конференции. Ч. 3. Чита: ЗабГУ, 2016. С.139–143.
2. Сабостьянович О.Ю., Заслоновский В.Н., Шарапов Н.М., Оглы З.П. Евтрофирование городского водоема под влиянием тепловой электрической станции в условиях резко континентального климата. // Водное хозяйство России, 2004. Т. 6, № 2.
3. Сабостьянович О.Ю., Шарапов Н.М., Заслоновский В.Н. Исследование негативных последствий влияния ТЭС на водный объект (на примере природного водоема оз. Кенон) // Мат-лы V междунар. конф. «Акватерра – 2002». Санкт-Петербург. 2002.
4. Разработка программы по сохранению экосистемы оз. Кенон // Отчет о НИР / АНО «Центр исследований и разработок». 2013.
5. Лапкин Г.И. Усовершенствование эколого-ориентированных технологий для управления водным балансом системы гидрозолоудаления (на примере ТЭЦ-1 в г. Чите): автореф. дис. ... канд. техн. наук. Чита. 2010. 25 с.
6. Экология городского водоема / под ред. Итигилова М.Ц., Чечель А.П., Замана Л.В. Новосибирск: СО РАН, 1998. 260 с.
7. Токарева О.Ю. Комплексный анализ изменения состояния водоема-охладителя ТЭС и возможные пути его восстановления (на примере озера в г. Чите) // автореф. дис. ... канд. техн. наук. Чита. 2004.
8. Шарапов Н.М., Токарева О.Ю. Проблемы водоснабжения ТЭС из природного водоема и пути их решения на примере оз. Кенон в г. Чита (Забайкальский край) // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 3. С. 36–46.
9. Тарасова С.Г., Заслоновский В.Н., Токарева О.Ю. Оценка качества вод реки Ингода выше города Читы. //Кулагинские чтения: Техника и технологии производственных процессов. Ч. 3. Чита: ЗабГУ, 2016. С.133–135.
10. Цыбекмитова Г.Ц. Качество фильтрационных вод золоотвала ТЭЦ-1 и возможные пути их поступления в оз. Кенон (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2016. № 2. С. 11–17.
11. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: «Стандартинформ», 2005. 84 с.

Сведения об авторах:

Заслоновский Валерий Николаевич, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Россия, 672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, д. 30; e-mail: vnzaslonovskiy@mail.ru

Токарева Ольга Юрьевна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Россия, 672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, д. 30; e-mail: docent75-2004@list.ru

Тарасова Софья Геннадьевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Россия, 672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, д. 30; e-mail: sofia122092@mail.ru

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Тестова В.А.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Россия
viktorinka-t@mail.ru

Ключевые слова: загрязнение воды, экологически грязные технологии, очистные сооружения.

В статье приводится анализ состояния водных объектов Челябинской области и причины их загрязнения.

POLLUTION OF WATER BODIES OF CHELYABINSK OBLAST

Testova V.A.

Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
viktorinka-t@mail.ru

Key words: water pollution, environmentally dirty technologies, treatment facilities

The article presents an analysis of the Chelyabinsk Oblast water bodies' status and the causes of their pollution.

Челябинская область находится на границе Европы и Азии и занимает площадь 87 900 кв. км. Общая протяженность границ области – 2750 км. На севере Челябинская область граничит со Свердловской, на востоке – с Курганской, на юге – с Оренбургской областями, на западе – с Республикой Башкортостан.

Богатые природные условия, особое географическое положение поставили Челябинскую область в ряд регионов, где природа эксплуатируется наиболее интенсивно. На сегодняшний день область является крупнейшим промышленным центром страны. Наибольшее значение имеют металлургический и машиностроительный комплексы, где сосредоточено около 80 % основных производственных фондов области, более 40 % трудовых ресурсов и где расходуется основная часть топливно-энергетических и материальных ресурсов.

Область относится к регионам с серьезными нарушениями условий окружающей среды. Основными загрязнителями окружающей среды являются предприятия металлургической промышленности (ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Челябинский металлургический комбинат «Мечел», ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат», комбинат «Магнезит» и другие), предприятия энергетического комплекса (ТЭЦ, ГРЭС), предприятия горнодобывающей промышленности (рудники, шахты), сельского и жилищно-коммунального хозяйства и других отраслей.

Челябинская область расположена на водоразделе трех бассейнов рек – Урала, Тобола и Волги, которые и являются основными источниками водоснабжения всех отраслей хозяйства и населения всего Южного Урала. Основная причина загрязнения водных объектов – ненормативная работа очистных сооружений. Лишь одно из более чем 200 очистных сооружений обеспечивало нормативную очистку сточных вод перед сбросом в поверхностные водные объекты. В течение многих лет неудовлетворительное качество воды наблюдается на участках рек, протекающих по территориям промышленных городов: р. Миасс ниже городов Миасс и Челябинск; р. Увелька ниже г. Южноуральск; р. Уфалейка ниже г. Верхний Уфалей; р. Ай ниже г. Златоуста [2, 3]. Кроме антропогенного фактора, негативно влияющего на экологическое состояние водных объектов, необходимо учитывать, что природные запасы металлических руд на территории Челябинской области обуславливают повышенное содержание в водотоках металлов, в особенности марганца. Из общего объема потребляемой населением области воды 66 % приходится на поверхностные

и 34 % – на подземные источники. Особенно сложная ситуация с обеспечением подземной водой питьевого качества – на юго-востоке и юге области.

Необходимость решения проблемы улучшения качества питьевой воды обусловлена неудовлетворительным состоянием водоисточников, высокой антропогенной нагрузкой на водоемы, неэффективным выполнением водоохраных мероприятий, неблагоприятным природным микроэлементным составом воды водоисточников, аварийным состоянием водопроводных сетей, недостаточным состоянием водоочистки на водозаборных сооружениях либо ее полным отсутствием. Более 10 % источников питьевого водоснабжения области не имеют зон санитарной охраны, что особенно характерно для сельских поселений. Водоисточники питьевого назначения имеют высокую степень бактериального загрязнения, следствием этого является крайне неудовлетворительное качество воды.

Крупнейшими источниками загрязнения водных объектов являются предприятия ЖКХ: МУП «ПОВВ» г. Челябинска и МУП Трест «Водоканал», г. Магнитогорска. Из промышленных предприятий: ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Златоустовский металлургический комбинат», г. Златоуст, ОАО «Ашинский металлургический завод», г. Аша, ООО «Саткинский чугуноплавильный завод». Наиболее напряженными водными объектами остаются: реки Кидыш и Худолаз, в которые поступают загрязненные сточные воды с предприятий Республики Башкортостан; р. Миасс загрязняется сточными водами Челябинского промузла, с. Миасского, пос. Лазурного и пос. Мирного; р. Юрюзань, загрязненная хозяйственно-бытовыми сточными водами городских очистных сооружений г. Усть-Катава [4].

Река Миасс подвержена самой значительной антропогенной нагрузке на территории области. На р. Миасс оказывают влияние сточные воды городов Миасса, Карабаша, Челябинска. В истоках, выше и в черте г. Миасса качество воды в реке соответствует 2 классу, ниже – 4 классу. Качество воды в водных объектах остается неудовлетворительным как по причине низкой водности водных объектов в меженный период, так и по причине продолжающегося сброса загрязненных сточных вод. На загрязнение водоемов оказывает существенное влияние и неорганизованный сток с водосборных площадей в связи с повсеместным нарушением водоохраных зон, самозахватом берегов различными предприятиями и учреждениями (в т. ч. и на территории памятников природы), засорением как водосборов, так и самих водоемов.

Оборотное и повторно-последовательное водоснабжение (ОППВ) в целом заметно увеличивается год от года, при этом происходит постепенное общее снижение сброса загрязненных вод по Челябинской области. Экономия свежей воды за счет оборотного и повторного водоснабжения составляет 95–96 %. Положительное влияние ОППВ на уменьшение сброса загрязненных вод требует дальнейшего развития этих систем, а также внедрения более современных безводных технологий производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о состоянии окружающей природной среды на территории города Челябинска, 2015 г.
2. *Загитова Л.Р.* Оценка влияния антропогенных факторов на годовой и сезонный сток в бассейне реки Белой // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 5. С. 119–126.
3. *Загитова Л.Р.* Оценка антропогенного воздействия на годовой и сезонный сток в бассейне реки Белой // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. 2015. № 8 (8). С. 70–74.
4. *Загитова Л.Р.* Особенности формирования водных ресурсов Республики Башкортостан // Медицина труда и экология человека. 2016. № 2 (6). С. 38–43.

Сведения об авторе:

Тестова Виктория Александровна, магистрант, факультет природопользования и строительства, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», Россия, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34; e-mail: viktorinka-t@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ТУРЫ

Третьякова А.Н.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Екатеринбург, Россия
tret-alla-n@yandex.ru

Ключевые слова: река Тура, качество воды, оценка состояния реки, оценка воздействия на водный объект.

В работе представлены результаты оценки состояния реки Туры в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»; методикой, основанной на единых критериях качества проточных вод, разработанных странами-участницами Совета Экономической Взаимопомощи в 1982 году; ГОСТ Р 57075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности». Для эффективного управления водными объектами необходимо знать не только их загрязненность, но и реальное экологическое состояние, динамику изменения состояния поверхностных вод под воздействием хозяйственной деятельности.

THE RESULTS OF THE ASSESSMENT OF THE MODERN STATE OF RIVER TURA

Tretyakova A.N.

Federal state budgetary institution "Russian scientific research Institute of complex use and protection of water resources", Ekaterinburg, Russia
tret-alla-n@yandex.ru

Key words: Tura River, water quality, river assessment, assessment of impact on a water body.

This paper presents the results of the assessment of the Tura River in accordance with: 1) GD 52.24.643-2002 "Method of complex assessment of the degree of contamination of surface water by hydro/chemical indicators"; 2) a methodology based on the unified criteria of quality for flowing waters, was developed by the member countries of the Council for Mutual Economic assistance in 1982; and 3) GOST R 57075-2016 "Methodology and criteria for identification of best available technologies in water management". For effective management of water bodies it is necessary to know not only their pollution degree but also the real ecological status and dynamics of respective changes in surface water under the impact of economic activities.

На законодательном уровне оценка качества поверхностных вод производится в соответствии с РД 52.24.643-2002 [1] на основе величин удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ). Расчет УКИЗВ, согласно РД 52.24.643-2002, опирается на предельно допустимые концентрации ингредиентов для водных объектов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рх}). Но система критериев ПДК длительное время подвергается в целом аргументированной критике, т. к. давно наметилась тенденция к оценке состояния водных объектов не только с точки зрения потребностей конкретного природопользователя, а с точки зрения сохранения структуры и функциональных особенностей экосистемы в целом [2, 3]. В соответствии с данным документом оценивается степень загрязненности воды, но не устанавливаются зоны истощения и деградации водных объектов.

Для устранения этого недостатка, установления класса качества воды с экологических позиций разработан проект методики оперативной оценки качества воды водного объекта

(далее оперативная методика) [4], позволяющий рассчитать индекс класса качества воды по целевым показателям с экологических позиций по сокращенному перечню анализов, который максимально охватывает наиболее типичные виды негативного воздействия хозяйственной деятельности водопользователей и наиболее исследованные отклики экосистем.

В 2016 г. разработан ГОСТ Р 57075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности», позволяющий оценить динамику изменения состояния поверхностных вод под воздействием хозяйственной деятельности по методу «условной водоемкости» [5]. Смысл разработки заключается в выражении антропогенной нагрузки по определенному виду последствий воздействия хозяйственной деятельности в виде условного объема воды (условный расчетный эквивалент), требующегося для разбавления конкретного объема сточных вод до значения показателя, удовлетворяющего поставленным требованиям.

Ниже, на примере р. Туры, сравниваются результаты оценки состояния водного объекта в соответствии с вышеуказанными методиками.

Река Тура находится в Западной Сибири, является левым притоком р. Тобол, берет свое начало на восточном отроге Среднего Урала, протекает по территории Свердловской (70 %) и Тюменской областей, впадает в р. Тобол в 256 км от устья. Общая длина реки – 1030 км, площадь водосбора – 80,4 тыс. км², общее падение на этом расстоянии 477,5 м, средний уклон 0,4 ‰, средневзвешенный уклон 0,1 ‰. Густота речной сети 0,14 км/км². Наиболее крупными притоками первого порядка являются: реки Выя, Салда, Тагил, Ница, Пышма. К крупным притокам второго порядка относятся реки Нейва, Реж, Ирбит, Салда, Рефт [6].

На территории бассейна р. Туры имеются крупные месторождения полезных ископаемых, особенно руд черных и цветных металлов [7]. Это определило развитие ведущих отраслей промышленности в Свердловской области – горнодобывающей и металлургической.

На территории южных районов Тюменской области ведется добыча кирпично-керамзитовых глин, строительных и стекольных песков, песчано-гравийных материалов (бассейн р. Пышмы) [8].

Исследования гидрохимических характеристик р. Туры проводились в мае- июне, августе- сентябре, ноябре 2016 г. Точки отбора проб воды представлены на рис. 1, 2.

Для уточнения водопользователей, оказывающих негативное воздействие на состояние р. Туры в осенне-зимний период были добавлены 2 створа: створ 1а – р. Тура, 1 км ниже плотины Верхне-Туринского водохранилища; створ 11а – р. Тура, д. Луговое, 10 км ниже сброса сточных вод Туринского ЦБЗ.

Для расчета УКИЗВ использовались следующие показатели: растворенный кислород, содержание органических веществ (по БПК₅ и ХПК), солесодержание, нефтепродукты, железо общее, ионы нитритов, нитратов, аммония, фосфатов, меди, марганца и цинка (табл. 1). Этот перечень отличается от обязательного с включением в расчет УКИЗВ фосфат-ионов.

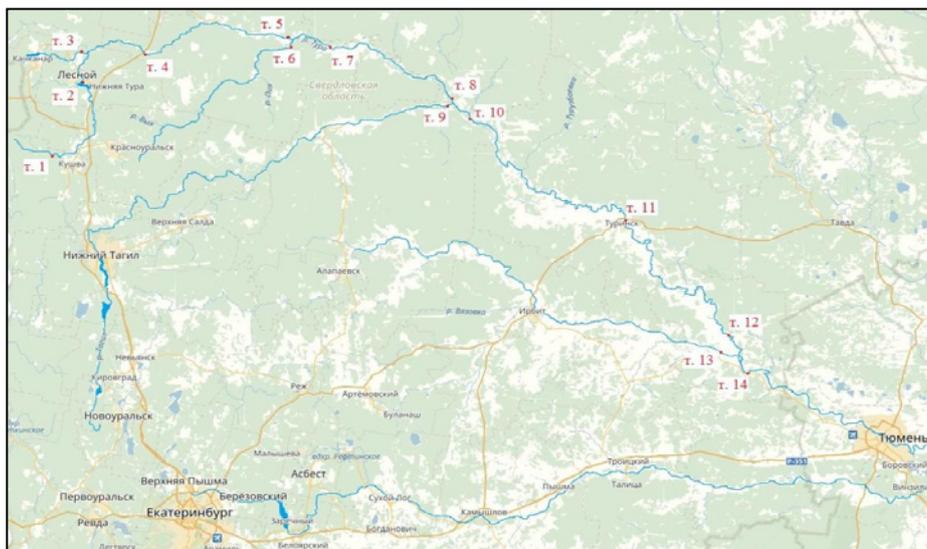


Рис. 1. Створы наблюдения на р. Туре: створ 1 – р. Тура, ст. Азиатская, фоновый створ; 2 – нижний бьеф Нижне-Туринского водохранилища; фиксирование влияния предприятий городов Кушвы, Верхней и Нижней Туры, Лесного; 3 – устье р. Выи, фиксирование влияния предприятий Качканара и Лесного; 4 – 50 км ниже устья р. Выи, изменение состояния р. Туры после впадения р. Выи; 5 – р. Тура, 2,5 км выше устья р. Салды, фиксирование влияния предприятий г. Верхотурье, изменение состояния р. Туры; 6 – устье р. Салды; фиксирование влияния предприятий г. Красноуральска; 7 – р. Тура, 20 км ниже устья р. Салды; 8 – р. Тура, 1 км выше устья р. Тагил, фиксирование состояния р. Туры; 9 – устье р. Тагил, фиксирование влияния предприятий Верхнего и Нижнего Тагила; 10 – р. Тура, 7 км ниже устья р. Тагил, изменение состояния р. Туры после впадения р. Тагил; 11 – р. Тура, выше г. Туринска, изменение состояния р. Туры; 12 – р. Тура, выше с. Туринская Слобода, фиксирование влияния предприятий г. Туринска, изменение состояния р. Туры; 13 – устье р. Ницы; фиксирование влияния предприятий городов Ирбит, Алапаевск, Артемовский, Реж, Кировград, Невьянск, Новоуральск; 14 – р. Тура, 4,5 км ниже устья р. Ницы, изменение состояния р. Туры.

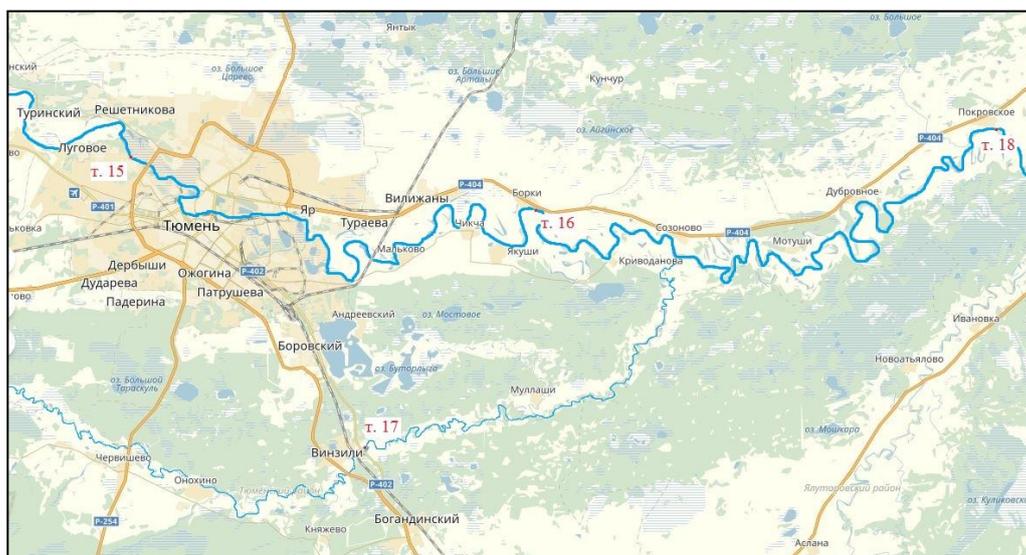


Рис. 2. Створы наблюдения на р. Туре: створ 15 – р. Тура, Метелевский водозабор г. Тюмени; 16 – р. Тура, с. Борки Тюменской области, фиксирование влияния предприятий г. Тюмени; 17 – устье р. Пышмы, фиксирование влияния предприятий Верхней Пышмы, Екатеринбурга, Березовского, Заречного, Асбеста, Рефтинского, Камышлова, Тюмени; 18 – р. Тура, с. Покровское Тюменской области, фиксирование изменения состояния р. Туры.

Таблица 1. Значения УКИЗВ и соответствующий класс и разряд степени загрязненности воды р. Туры и ее притоков

| Створ | Значение УКИЗВ | Число КПЗ ¹ | Перечень КПЗ | Класс и разряд степени загрязненности воды ² |
|---|----------------|------------------------|--|---|
| Т. 1 | 3,19 | 2 | медь, марганец | 3б |
| Т. 2 | 4,67 | 2 | медь, марганец | 4а |
| р. Выя | 4,65 | 3 | медь, марганец, ртуть | 4б |
| Т. 4 | 4,81 | 3 | медь, марганец, ртуть | 4б |
| Т. 5 | 4,33 | 3 | медь, марганец, железо | 4б |
| р. Салда | 5,46 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| Т. 7 | 4,97 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| Т. 8 | 4,47 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4б |
| р. Тагил | 4,81 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| Т. 10 | 4,91 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| Т. 11 | 4,31 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4б |
| Т. 12 | 5,87 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| р. Ница | 6,06 | 3 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| Т. 14 | 5,57 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| Т. 15 | 5,31 | 4 | медь, марганец, железо, цинк | 4в |
| Т. 16 | 6,60 | 4 | медь, марганец, железо, нитрит-ион | 4г |
| р. Пышма | 4,87 | 3 | медь, марганец, железо | 4б |
| Т. 18 | 6,66 | 5 | медь, марганец, железо, цинк, нитрит-ион | 5 |
| <i>Примечание:</i> ¹ – КПЗ – критические показатели загрязнения; ² – 3б – очень загрязненная; 4а и 4б – грязная; 4в и 4г – очень грязная; 5 – экстремально грязная. | | | | |

Согласно полученным УКИЗВ, по классу степени загрязненности вода в истоке р. Туры уже характеризуется как «очень загрязненная» (3б класс), число КПЗ равно 2 (медь и марганец). Но повышенное содержание ионов меди и марганца обусловлено региональными особенностями. В створе 2 вода р. Туры характеризуется как «грязная» (4а класс), число КПЗ также равно 2 (медь и марганец).

Степень загрязненности воды в р. Выя соответствует 4б классу, «грязная», число КПЗ равно 3 (медь, марганец, ртуть) и в створе 4 класс степени загрязненности воды ухудшается до 4б класса, число КПЗ равно 3 (медь, марганец, ртуть).

В створе 5 класс степени загрязненности сохраняется как 4б («грязная»), число КПЗ тоже равно 3 (медь, марганец, железо).

Степень загрязненности воды в р. Салде соответствует 4в классу, «очень грязная», число КПЗ равно 4 (медь, марганец, железо, цинк) и в створе 7 класс степени загрязненности воды ухудшается до 4в класса, число КПЗ равно 4 (медь, марганец, железо, цинк). В створе 8 класс степени загрязненности снижается до 4б («грязная»), но число КПЗ также равно 4 (медь, марганец, железо, цинк). Аналогичная ситуация прослеживается с качеством воды р. Тагил и р. Туры после впадения р. Тагил.

В створе 11 створе класс степени загрязненности воды улучшается до 4б класса, а в створе 12 класс ухудшается до 4в («очень грязная») после сброса сточных вод Туринского ЦБЗ и сохраняется до створа 16. В створе 16 происходит ухудшение класса степени

загрязненности воды р. Туры до 4г («очень грязная») после сброса хозяйственно-бытовых сточных вод г. Тюмени, число КПЗ равно 4 (нитрит-ион, медь, марганец, железо).

Несмотря на поступление более чистых вод р. Пышмы (класс 4б, число КПЗ равно 3: медь, марганец, железо), класс степени загрязненности воды в р. Туре в створе 18 достигает 5 («экстремально грязная»), число КПЗ увеличивается до 5 (нитрит-ион, медь, марганец, железо, цинк). В 2015 году класс степени загрязненности воды в данном створе по данным [9] характеризовался как «грязный».

Класс качества р. Туры, рассчитанный в соответствии с оперативной методикой, от истока к устью изменяется от 2-ого «чистого» до 3-его «умеренно-загрязненного» (табл. 2).

В весенне-летний период переход в 3-ий класс в т. 12 обусловлен не только сбросом сточных вод Туринского целлюлозно-бумажного завода (ЦБЗ), но и с загрязненной водосборной территории. Улучшение качества воды р. Туры, наблюдаемое в т. 16 в весенне-летний период, обусловлено слиянием реки с водами многочисленных озер, находящимися в ее пойме.

В летне-осенний период фиксируется переход в 3-ий класс в т. 16 после сброса хозяйственно-бытовых сточных вод г. Тюмени.

В осенне-зимний период переход в 3-ий класс происходит в т. 11а после сброса сточных Туринского ЦБЗ. В отличие от весенне-летнего периода в последующих створах до т. 16 наблюдается снижение класса качества, а в т. 16 ухудшение качества воды р. Туры обусловлено сбросом хозяйственно-бытовых сточных вод г. Тюмени.

Сопоставляя индексы класса качества воды для разных периодов времени, можно сделать вывод о влиянии загрязненной водосборной территории на состояние рек в весенне-летний период и более интенсивном влиянии сточных вод в осенне-зимнюю межень.

При этом с экологических позиций формируется список показателей, по которым наблюдается ухудшение состояния р. Туры, отличающийся от критических показателей загрязнения, полученных в соответствии с РД 52.24.643-2002. Это: ХПК, фосфор общий, ионы нитритов, аммония, железа и марганца. По РД 52.24.643-2002 перечень КПЗ определяется ионами металлов, превышение ПДК которых обусловлено геохимическим фоном.

Рассчитанные в соответствии с ГОСТ Р 57075-2016 показатели антропогенной нагрузки (в усл. $\text{м}^3/\text{м}^3$) представлены в табл. 3 в разные периоды времени.

В весенне-летний период в истоке вода р. Туры имеет значение ПАН, равный 0,30 усл. $\text{м}^3/\text{м}^3$, в притоках р. Туры, р. Салда, р. Тагил, р. Ница значение ПАН имеет гораздо большие значения, 13,40, 19,55 и 20,59 усл. $\text{м}^3/\text{м}^3$, соответственно. Но после впадения р. Тагил и р. Ницы ухудшения состояния р. Туры не наблюдается.

Наблюдается увеличение значения ПАН в 1,7 раза в весенне-летний период в точках 8 и 11, возможно вызванное смывом с загрязненной водосборной территории.

Увеличение значения ПАН в т. 12 обусловлено сбросом сточных вод Туринского ЦБЗ. Небольшое снижение в т. 16 в весенне-летний период обусловлено слиянием р. Туры с водами озер, находящихся в ее пойме. В летне-осенний период отмечаются более высокие значения ПАН в точках 15, 16, 18 по сравнению со значениями ПАН в этих же точках в весенне-летний период.

В т. 2 значение ПАН в летне-осенний период увеличилось почти в 15 раз из-за повышения содержания марганца.

В осенне-зимний период интенсивнее проявляется негативное воздействие сточных вод на состояние р. Туры (створы 11а и 16), также как в результате расчета индексов класса качества воды.

Среднее значение ПАН увеличивается от истока к устью, негативное воздействие наблюдается в т. 2, после впадения р. Салды, т. 11, 12, 15 (табл. 3).

Таблица 2. Индексы класса качества (ИКК) воды в створах наблюдения в весенне-летний, летне-осенний и осенне-зимний периоды в соответствии с оперативной методикой

| Створ | Весенне-летний период | | Летне-осенний период | | Осенне-зимний период | | Среднегодовое значение ИКК |
|----------|-----------------------|---|----------------------|---|----------------------|--|----------------------------|
| | ИКК | Показатели | ИКК | Показатели | ИКК | Показатели | |
| Т. 1 | 1,25 | | 1,27 | Mn | 1,40 | P _{общ} | 1,30 |
| Т. 1a | | – | | – | 1,53 | Mn, P _{общ} | 1,53 |
| Т. 2 | 1,31 | | 1,77 | Mn, NH ₄ ⁺ , P _{общ} , NO ₂ ⁻ | 1,55 | NH ₄ ⁺ , Mn | 1,54 |
| Р. Выя | 1,90 | Hg, pH, NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , Mn | 1,36 | NO ₂ ⁻ | 1,76 | Hg, NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , Mn | 1,67 |
| Т. 4 | 1,32 | | 1,39 | NO ₂ ⁻ | 1,70 | Hg, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , P _{общ} | 1,47 |
| Т. 5 | 1,47 | ХПК, Mn | 1,39 | Mn | 1,57 | ХПК, NO ₂ ⁻ , Mn | 1,48 |
| Р. Салда | 2,10 | pH, ХПК, Fe, NH ₄ ⁺ , Mn, Cu | 1,49 | ХПК, Mn | 1,98 | ХПК, Fe, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn, P _{общ} | 1,85 |
| Т. 7 | 1,52 | ХПК, Mn | 1,52 | Fe, Mn | 1,74 | ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn, P _{общ} | 1,59 |
| Т. 8 | 1,73 | ХПК, Fe, Mn, P _{общ} | 1,47 | Mn, ХПК | 1,82 | Fe, ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn, P _{общ} | 1,67 |
| Р. Тагил | 2,26 | pH, ХПК, БПК ₅ , Fe, Mn | 2,10 | pH, Mn, ХПК, P _{общ} , NO ₂ ⁻ | 1,73 | ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , P _{общ} | 2,03 |
| Т. 10 | 1,85 | ХПК, Fe, NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Mn | 1,62 | Mn, ХПК, БПК ₅ , P _{общ} | 1,78 | ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn, P _{общ} | 1,75 |
| Т. 11 | 2,00 | ХПК, Fe, NH ₄ ⁺ , Mn, P _{общ} | 1,40 | ХПК, Mn | 1,75 | Fe, ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn | 1,72 |
| Т. 11a | | – | | – | 2,22 | ХПК, NH ₄ ⁺ , Fe, БПК ₅ , NO ₂ ⁻ , Mn, P _{общ} | 2,22 |
| Т. 12 | 2,38 | ХПК, Fe, Mn, P _{общ} , NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ | 1,53 | ХПК, NH ₄ ⁺ , Mn, NO ₂ ⁻ | 1,98 | ХПК, Fe, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn | 1,96 |
| Р. Ница | 2,12 | Mn, NH ₄ ⁺ , Fe, P _{общ} , ХПК, NO ₂ ⁻ | 1,61 | NO ₂ ⁻ , Mn, Cu | 1,69 | ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn | 1,81 |
| Т. 14 | 2,29 | ХПК, NH ₄ ⁺ , Mn, P _{общ} , NO ₂ ⁻ | 1,46 | ХПК, Mn | 1,80 | ХПК, Fe, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn | 1,85 |
| Т. 15 | 2,39 | ХПК, Fe, Mn, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , P _{общ} | 1,65 | Fe, ХПК, Mn | 1,74 | Fe, ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , Mn | 1,92 |
| Т. 16 | 2,01 | ХПК, NH ₄ ⁺ , Mn, P _{общ} | 2,10 | NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Mn, ХПК, P _{общ} | 2,58 | NO ₂ ⁻ , P _{общ} , NH ₄ ⁺ , Fe, ХПК, Mn | 2,23 |
| Р. Пышма | 1,66 | Mn, ХПК, NO ₂ ⁻ , P _{общ} | 1,73 | ХПК, NH ₄ ⁺ , Mn, P _{общ} | 1,78 | Mn, ХПК, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ | 1,72 |
| Т. 18 | 2,14 | ХПК, P _{общ} , NH ₄ ⁺ , Mn | 2,11 | NO ₂ ⁻ , Mn, ХПК, NH ₄ ⁺ , ВВ, P _{общ} | 2,33 | NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Fe, Mn, ХПК, P _{общ} | 2,19 |

Примечание: оранжевым цветом выделены ячейки со значениями 3 класса качества

Таблица 3. Показатели антропогенной нагрузки в створах наблюдения в весенне-летний, летне-осенний и осенне-зимний периоды, рассчитанные в соответствии с ГОСТ Р 57075-2016

| Створ | Весенне-летний период | | Летне-осенний период | | Осенне-зимний период | | Среднее значение ПАН |
|----------|-----------------------|---|----------------------|---|----------------------|--|----------------------|
| | Σ ПАН | Показатели | Σ ПАН | Показатели | Σ ПАН | Показатели | |
| Т. 1 | 0,30 | ХПК | 1,12 | Fe, Mn | 0,00 | | 0,47 |
| Т. 1а | | – | | – | 1,47 | ХПК, ВВ, Mn, P _{общ} | 1,47 |
| Т. 2 | 0,90 | ХПК | 14,87 | Mn, P _{общ} , ХПК, NH ₄ ⁺ , Fe | 1,90 | ХПК, Mn | 5,89 |
| р. Выя | 4,08 | pH, Hg, ВВ, NO ₃ ⁻ , ХПК, Fe, Mn | 0,75 | NO ₂ ⁻ | 2,58 | NO ₃ ⁻ , Mn, NO ₂ ⁻ ХПК | 2,47 |
| Т. 4 | 3,09 | ВВ, ХПК, Fe | 0,33 | ХПК, P _{общ} | 11,26 | Hg, ХПК | 4,89 |
| Т. 5 | 4,14 | ХПК, ВВ, Fe, Mn | 1,45 | ХПК, Mn | 2,44 | ХПК, Fe, Mn | 2,68 |
| р. Салда | 13,40 | ХПК, Fe, Zn, Mn | 4,20 | ХПК, Mn, Fe, Zn | 16,55 | Zn и Fe, ХПК, Mn, ВВ, NH ₄ ⁺ | 11,38 |
| Т. 7 | 5,66 | ХПК, Fe, ВВ, Mn | 10,17 | Mn, Fe, ХПК, P _{общ} | 4,14 | ХПК, Fe, Zn, Mn | 6,66 |
| Т. 8 | 9,51 | ХПК, Fe, ВВ, Mn | 5,18 | Mn, ХПК, Fe, P _{общ} | 6,84 | ХПК, Fe, Zn, Mn | 7,18 |
| р. Тагил | 19,55 | pH, ХПК, ВВ, Fe, Mn | 14,18 | P _{общ} , ВВ, ХПК, Mn, Fe, pH | 2,29 | ХПК, Fe, P _{общ} | 12,01 |
| Т. 10 | 8,31 | ХПК, Fe, ВВ, Mn | 7,07 | Mn, ХПК, P _{общ} , Fe, ВВ | 4,91 | ХПК, Fe, Mn, P _{общ} | 6,76 |
| Т. 11 | 14,33 | ХПК, ВВ, Fe, Mn | 6,59 | Pb, ВВ, ХПК, Mn, P _{общ} , Fe | 7,51 | Fe, ХПК, Mn, ВВ | 9,48 |
| Т. 11а | | – | | – | 13,01 | ХПК, Fe, Mn, NH ₄ ⁺ , НП, ВВ | 13,01 |
| Т. 12 | 19,71 | ХПК, Fe, ВВ, Mn, P _{общ} , Zn, NH ₄ ⁺ | 8,72 | ВВ, ХПК, NO ₂ ⁻ Fe, Mn, P _{общ} | 10,60 | ХПК, Fe, Mn | 13,01 |
| р. Ница | 20,59 | Mn, Fe, ХПК, ВВ, P _{общ} , NH ₄ ⁺ | 5,18 | ВВ, ХПК, P _{общ} , Pb, Mn, Fe, | 3,70 | ХПК, Mn, Fe, ВВ, NH ₄ ⁺ | 14,74 |
| Т. 14 | 14,25 | ХПК, Mn, ВВ, Fe, P _{общ} , NH ₄ ⁺ | 6,76 | ВВ, ХПК, Fe, Mn, P _{общ} | 7,53 | ХПК, Fe, Mn | 9,51 |
| Т. 15 | 11,79 | ХПК, Fe, Mn, ВВ, NH ₄ ⁺ , P _{общ} | 14,62 | ВВ, ХПК, NO ₂ ⁻ , Fe, Mn, P _{общ} | 6,15 | ХПК, Fe, Mn | 10,85 |
| Т. 16 | 7,03 | ХПК, Fe, ВВ, Mn, P _{общ} | 13,18 | Mn, ХПК, ВВ, P _{общ} , Fe, NH ₄ ⁺ | 24,02 | NO ₂ ⁻ , ХПК, P _{общ} , Fe, NH ₄ ⁺ , Mn | 14,74 |
| р. Пышма | 9,62 | Mn, ХПК, ВВ, Zn, Fe | 12,83 | ВВ, ХПК, NO ₂ ⁻ , Mn, Pb, P _{общ} , Fe | 5,88 | Mn, ХПК, Fe, ВВ | 9,44 |
| Т. 18 | 11,04 | ХПК, NO ₂ ⁻ , P _{общ} , ВВ, Fe, Mn, Zn | 17,72 | ВВ, ХПК, Mn, Fe, P _{общ} , NO ₂ ⁻ , Pb | 15,75 | NO ₂ ⁻ , Fe, Mn, ХПК, NH ₄ ⁺ , ВВ | 14,84 |

Примечание: значение ПАН, соответствующее 1 классу качества, равно 3,5 усл. м³/м³, значение ПАН, соответствующее 2 классу качества, равно 6,5 усл. м³/м³.

В т. 2 значение ПАН обусловлено высоким содержанием марганца в летне-осенний период. Воздействие на состояние р. Туры в этом створе оказывают предприятия Кушвы и Верхней Туры. В последующие наблюдения будет включен створ на устье р. Кушвы для уточнения водопользователя, оказывающего негативное воздействие на водный объект.

Основной вклад в значение общего ПАН в устье р. Салды вносит $\text{ПАН}_{\text{хПК}}$, ПАН_{Fe} , ПАН_{Zn} . Крупнейшим водопользователем в бассейне р. Салды является ОАО «Святогор» (г. Красноуральск), который производит добычу руд из медно-цинкового месторождения для производства черновой меди и железного концентрата.

Привнос загрязняющих веществ с водой рек Тагил, Ница, Пышма по сезонам неоднороден. Наибольший привнос с р. Тагил наблюдается в весенне-летний и летне-осенний периоды, с р. Ницей – в весенне-летний, с р. Пышмой – в летне-осенний период.

В т. 11 повышение среднего значения общего ПАН может быть обусловлено поступлением термальных вод с р. Большая Таборинка с большим содержанием железа, марганца и органических веществ, а также возможно поступление органических веществ из-за разложения затопленной древесины.

Сброс сточных вод Туринского ЦБЗ увеличивает значение общего ПАН в 1,4 раза в т. 12. При отборе проб воды в осенне-зимний период в створе 11а (р. Тура, 10 км ниже сброса сточных вод) обнаруживается более сильное негативное воздействие сточных вод этого завода (увеличение значения ПАН в 1,7 раз), причем это воздействие сильнее проявляется с уменьшением расхода воды в реке.

В т. 15 возможно влияние сбрасываемых выше по течению термальных вод, но нельзя исключать влияние сбрасываемых промывных вод со станции подготовки питьевой воды. Необходимо исследование глубины и состава донных отложений в месте водозабора. В т. 16 негативное воздействие хозяйственно-бытовых сточных вод г. Тюмени проявлялось только в осенне-зимнюю межень при снижении расхода воды в р. Туре.

В результате использования вышеуказанных методик для оценки состояния р. Туры установлено следующее:

1. По РД 52.24.643-2002 приоритетными загрязняющими веществами признаются металлы, в первую очередь медь и марганец в силу низких значений ПДК_{рх}, но высоких фоновых концентраций уже в истоке. В соответствии с РД 52.24.643-2002 упускаются из вида другие типы негативного воздействия, определенные в ГОСТ Р 57075-2016.
2. Поскольку утвержденные методики по классификации экологического состояния водных объектов отсутствуют, на основе критериев качества проточных вод [10] была разработана оперативная методика такой оценки по химическим показателям. В соответствии с оперативной методикой увеличение индекса класса качества происходит после впадения р. Салды, р. Тагил, после сброса сточных вод Туринского ЦБЗ, хозяйственно-бытовых сточных вод г. Тюмени. По УКИЗВ ухудшение состояния р. Туры наступает при впадении р. Выи, р. Салды и после поступления хозяйственно-бытовых сточных вод г. Тюмени. При расчете показателей антропогенной нагрузки в створах наблюдения негативное воздействие, аналогично ИКК, оказывают воды р. Салды, сточные воды Туринского ЦБЗ, хозяйственно-бытовые сточные воды г. Тюмени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Введ. 03.12.2002 г. Взам. «Методических рекомендаций по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям». М., 2002. 24 с.

2. *Логинова Е.В., Лопух П.С.* Гидроэкология: курс лекций. Режим доступа: <http://ekolog.org/books/21/10.htm>.
3. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: Учебно-методическое пособие [Текст] / сост. О.В. Гагарина. Режим доступа: <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/10083/2012711.pdf>
4. *Сечкова Н.А.* Методика оперативной оценки качества воды и состояния водных объектов // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2013. № 12. С. 62–71.
5. *Пономарева Л.С.* Экономический механизм охраны вод от загрязнения (часть 3). За что наказывают рублем? // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 7. С. 3 – 11.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 11. Средний Урал и Приуралье, Л.:Гидрометеиздат, 1973. 849 с.
7. Справка о состоянии и использовании минерально-сырьевой базы Свердловской области (по состоянию на 1.01.2009 г.). Режим доступа: http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/ufo/sverdlovskaya_obl/index.php
8. Справка о состоянии и использовании минерально-сырьевой базы Тюменской области (по состоянию на 1.01.2009 г.). Режим доступа: http://www.vsegei.ru/ru/info/gisatlas/ufo/tyumenskaya_obl/index.php.
9. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2015 году. Режим доступа: http://admtumen.ru/files/upload/OIV/D_nedro/Документы/Доклад%20об%20экологической%20ситуации%20в%20Тюменской%20области%20в%202015%20году.pdf.
10. Единые критерии качества вод. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ. М., 1982. 69 с.

Сведения об авторе:

Третьякова Алла Николаевна, научный сотрудник, сектор технического регулирования водопользования, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), 620049, Россия, Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: tret-alla-n@yandex.ru

**НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ БЕРЕГА
ОТ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ДЕМА**

Хафизов А.Р., Валитов С.А.

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал (БашНИИВХ), г. Уфа, Россия
bashniihv@mail.ru

Ключевые слова: русловые деформации, берегоукрепление, каменная наброска, шпунтовая стенка, окружающая среда.

На основе научных исследований русловых процессов нижнего течения р. Дема за период 2014–2015 гг. установлены факторы, вызывающие русловые деформации и разработаны научно-обоснованные рекомендации по защите берега от русловых деформаций. Предложены конструкции берегоукрепления, выполнено сравнение их технико-экономических показателей и влияния на окружающую среду.

**SCIENTIFICALLY-BASED RECOMMENDATION ON THE DYOMA RIVER
LOWER REACH BANK PROTECTION AGAINST CHANNEL DEFORMATIONS**

Khafizov A.R., Valitov S.A.

RosNIIVKH Bashkir Branch, Ufa, Russia
bashniihv@mail.ru

Key words: channel deformations, bank protection, riprap, tongue-and-groove wall, environment.

On the basis of scientific researches the channel processes of the Dyoma River lower reach during 2014–2015 the factors causing channel deformations are established and evidence-based recommendations about prevention the channel deformations are developed. Bank protection designs are proposed, comparison of their technical and economic indicators and influence on environment is carried out.

Формирование современных русел рек бассейна р. Белой характеризуется активизацией эрозионных процессов, связанных с негативным влиянием хозяйственной деятельности человека на экологическое состояние водосборов рек [1, 2]. Река Дема – левый приток р. Белой, являющаяся одной из полноводных рек Башкортостана, протекает по индустриально развитым районам Республики Башкортостан, испытывает значительное антропогенное воздействие. В результате такого воздействия русло реки подвержено значительным русловым деформациям. Научные исследования русловых процессов нижнего течения реки Дема в 2014–2015 гг. показали, что русловые деформации возникают в результате поднятия земной коры и снижения местного базиса эрозии вследствие добычи ПГС; влияния сооружений (мостовые переходы, небольшие ГТС) и циклических колебаний расходов воды во времени; крепления берега хозспособами; искусственного переноса устья реки.

Бассейн р. Дема охватывает физико-географические районы Русской равнины с гидротермическим коэффициентом Селянинова 0,85–1,15 и степенью увлажнения по Иванову 0,5–0,8 [3, 4]. Наибольшее антропогенное воздействие река испытывает в нижнем течении на участке между селами Новомихайловка и Нижегородка, особенно вблизи населенных пунктов: Новомихайловка, Лекаревка, Таптыково, Глумилино и Нижегородка.

Актуальной исследовательской задачей является разработка научно-обоснованных рекомендаций по защите берега от русловых деформаций на основе исследований русловых процессов нижнего течения реки Дема в районе вышеуказанных населенных пунктов.

Основные результаты исследований русловых процессов нижнего течения р. Дема

Исследования проводились Башкирским филиалом РосНИИВХ за период 2014–2015 гг. [5]. В рамках исследований выполнялась работа по прогнозу русловых деформаций на исследуемом участке. Величины и направления русловых деформаций определялись по результатам трех независимых методов: сопоставления космических снимков за 2001–2013 гг.; сопоставления топографических карт за 1983–2001 гг. и выборочного опроса местных старожилов. На основании всестороннего анализа причин, величин и направленности русловых деформаций выявлено, что участок р. Дема, расположенный в пределах населенных пунктов Новомихайловка – Нижегородка, характеризуется активными русловыми процессами. Русловые процессы представляют угрозу населенным пунктам Лекаревка, Таптыково и Нижегородка. Степень угрозы и ее социально-экономические последствия для населенных пунктов Нижегородка и Лекаревка – высокая, для Таптыково – средняя.

Основными факторами, определяющими разрушающее воздействие на объекты, являются разрушения берегов и постепенное перемещение русла реки в их сторону. В этом принимают участие естественные и антропогенные факторы. Преобладающими являются антропогенные факторы.

Научно-обоснованные рекомендации по защите берега от русловых деформаций

На основе общего анализа водного режима и русловых процессов исследованных участков рекомендуется следующая очередь выполнения работ по защите берега от русловых деформаций: 1 очередь – с. Нижегородка; 2 очередь – д. Лекаревка; 3 очередь – д. Таптыково. С целью защиты вышеуказанных населенных пунктов от разрушающего действия вод необходимо выполнение берегоукрепительных работ в соответствующих участках русла реки.

Для выбора оптимального варианта берегоукрепления изучены влияние на окружающую (природно-социальную) среду, положительные и отрицательные стороны каждого варианта берегоукрепления. Рассмотрены пять возможных вариантов защиты берега и вариант переноса строений местных жителей в безопасные места:

Вариант 1 – крепление берега каменной наброской по подстилающему слою из песчано-гравийной подготовки в полунасыпи-полувыемке (рис. 1).



Рис. 1. Крепление берега каменной наброской по подстилающему слою и песчано-гравийной подготовки в полунасыпи-полувыемке.

Положительные стороны – оптимальная стоимость строительства, использование местных строительных материалов и простота производства работ. Отрицательные – сужение русла конструктивными элементами, изъятие земли частных домовладений с имеющимися хозяйственно-бытовыми постройками, огородами и жилыми домами. Таким образом, в связи с негативными социальными последствиями данный вариант не рекомендуется к дальнейшему рассмотрению.

Вариант 2 – крепление берега каменной наброской по подстилающему слою из песчано-гравийной подготовки, аналогичен варианту № 1 (рис. 2).

Вариант №2 – Крепление каменной наброской

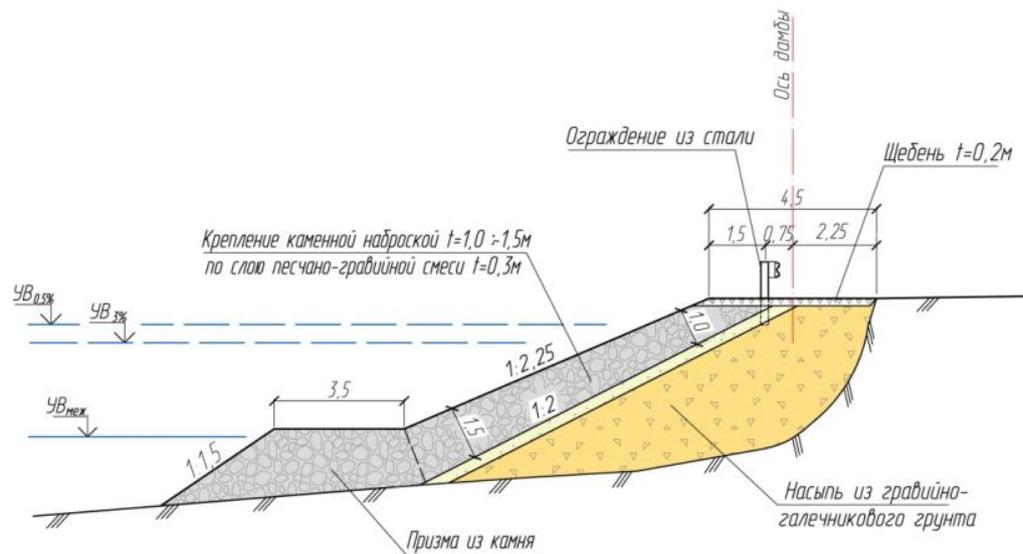


Рис. 2. Крепление берега каменной наброской по подстилающему слою из песчано-гравийной подготовки.

В этом варианте уполаживание откоса производится насыпью. Положительные стороны – стоимость строительства близка к минимальной, использование местных строительных материалов, простота производства работ, ущерб окружающей среде (животному и растительному миру, ихтиофауне, социальной сфере) близки к минимальным и частные землевладения не затрагиваются. Отрицательные стороны – сужение русла конструктивными элементами, стоимость строительства незначительно превышает стоимость работ по варианту 1 (на 8–9 %). Данный вариант принимается к дальнейшему рассмотрению.

Вариант 3 – полуоткосное крепление: шпунтовая стенка с креплением откоса матрацами Рено (рис. 3).

По урезу предусмотрен металлический шпунтовый ряд. По верху шпунтового ряда выполняется ростверк из монолитного железобетона, служащий упором для крепления из матрацев Рено. Уполаживание откоса производится насыпью. Положительные стороны – минимальные сужение русла и ущерб окружающей среде, не затрагиваются частные землевладения, конструкция в меньшей мере подвержена разрушению в период эксплуатации. Отрицательные стороны – сужение русла конструктивными элементами и усложнение технологии производства работ.

Вывод – данный вариант принимается к дальнейшему рассмотрению.

Вариант №3 – Полуоткосное (матрацы Рено)

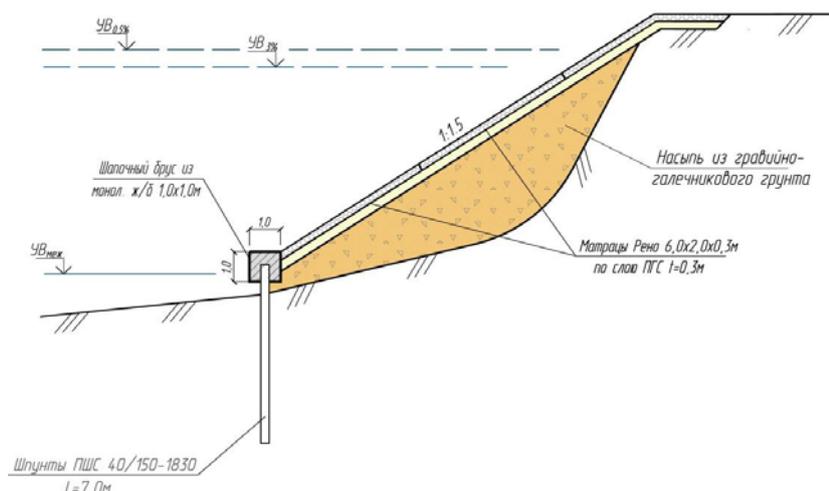


Рис. 3. Полуоткосное крепление: шпунтовая стенка с креплением откоса матрацами Рено.

Вариант 4 – устройство вдоль береговой линии струенаправляющих шпор – насыпных дамб с креплением из каменной наброски (рис. 4). Положительные стороны – не затрагиваются частные землевладения, используются местные строительные материалы. Отрицательные – сужение русла конструктивными элементами, уполаживание берега путем устройства насыпи для фиксации зоны обрушения между шпорами и устройствами технологического проезда, увеличение объема и стоимости строительных работ. Вывод – данный вариант рекомендуется к дальнейшему рассмотрению.

Вариант 5 – спрямление русла р. Дема на участках размыва. Положительные стороны – не затрагиваются частные землевладения и отсутствуют сложные конструктивные элементы, вынутый из русла грунт может использоваться для засыпки понижений и старого русла.

Вариант №4 – Шпоры струенаправляющие

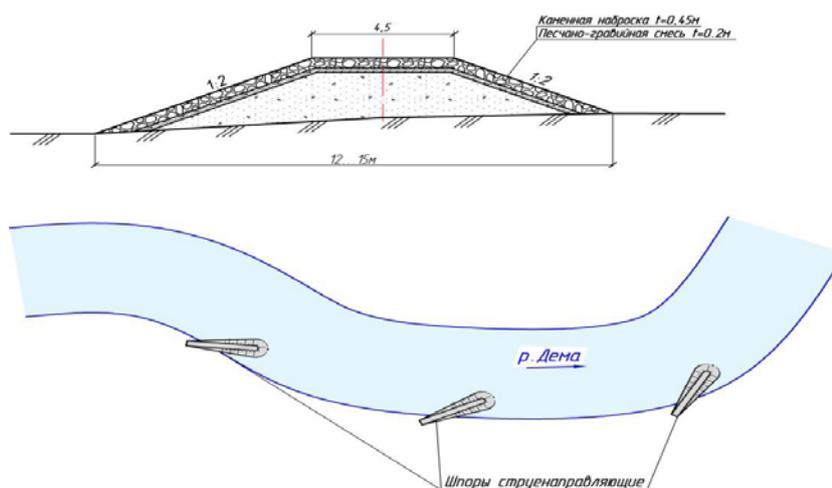


Рис. 4. Устройство вдоль береговой линии струенаправляющих шпор – насыпных дамб с креплением из каменной наброски.

Отрицательные – необходимость устройства временных кавальеров и уполаживания берега для фиксации зон обрушения, большой объем земляных работ на затопляемой пойме, устройство временных сооружений на отметках выше уровней дождевых паводков, уполаживание правого берега для транспортировки грунта во временные кавальеры, устройство временных проездов для большегрузной техники, максимальное воздействие на окружающую среду (работы в пойменных лесах первой категории, в прибрежной и водоохранной полосе; смещение русла от населенных пунктов на существенное расстояние).

Вывод – в связи со значительным воздействием на природно-социальную среду данный вариант не рекомендуется к дальнейшему рассмотрению.

Вариант 6 – перенос строений местных жителей в безопасные места. Положительные стороны – отсутствует прямое вмешательство в экосистему реки и возникает возможность создания водоохранной зоны. Отрицательные – создание социальной напряженности среди жителей, продолжение меандрирования русла в сторону населенных пунктов с разрушением береговой линии.

Кадастровые стоимости переселяемых построек в населенных пунктах отсутствуют. Поэтому ориентировочные стоимости работ по переселению приняты равными величинам предотвращенных ущербов. Даже самый меньший ущерб (д. Таптыково – 259,7 млн руб) больше стоимости максимальных работ по берегоукреплению (с. Нижегородка – 138,7 млн руб).

Вывод – в связи с созданием социальной напряженности и не решением вопроса защиты берега от разрушения, данный вариант не рекомендуется к дальнейшему рассмотрению.

Экономичный вариант крепления берега выбран сравнением их стоимостных показателей. Стоимость крепления подсчитана по укрупненным показателям и по проектам-аналогам. При отборе проектов-аналогов использовались архивные материалы НИИ «Башгипроводхоз». Отбирались реализованные проекты берегоукрепительных работ на реках со схожими морфометрическими показателями (реки Большой Ик, Уфа, Инзер, Нугуш).

Стоимость второго варианта составила 2,19 млн. руб, третьего – 3,02 млн. руб, четвертого – 2,35 млн. руб. Экономичным является второй вариант: крепление берега каменной наброской по подстилающему слою из песчано-гравийной подготовки. Для него определены ориентировочные стоимости строительных работ по населенным пунктам (таблица).

Таблица. Техничко-экономические показатели берегоукрепления по участкам (на IV кв. 2015г. в млн руб.)

| № | Населенный пункт | Длина крепления, п. м. | Стоимость | Возможный ущерб | Коэффициент эффективности |
|----|------------------|------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Лекаревка | 990 | 104,936 | 394,364 | 3,76 |
| 2. | Таптыково | 765 | 81,167 | 259,734 | 3,20 |
| 3. | Нижегородка | 1308 | 138,70 | 443,810 | 3,20 |

Таким образом, основное негативное воздействие р. Дема на населенные пункты вызывается антропогенными факторами и проявляется в размыве берегов с перемещением русла реки в их сторону.

Оптимальным способом защиты берега от русловых деформаций является крепление берега каменной наброской по подстилающему слою из песчано-гравийной подготовки в насыпи без выемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гареев А.М.* Основные характеристики ускоренного развития эрозионных процессов, их экологические и экономические последствия // Актуальные проблемы географии и геоэкологии. Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. 192 с.
2. *Хафизов А.Р.* Оптимизация структуры земельных угодий водосборов Башкортостана // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 2. С. 8–10.
3. *Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф.* Об учете классификации водосборов Западного Башкортостана по природно-климатическим и физико-географическим показателям при геоморфологических исследованиях / Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе // Материалы Всеросс. научно-практ. конф. в рамках XXI международной выставки «Агрокомплекс- 2011». Ч. 1. Уфа: БГАУ, 2011. С. 280–283.
4. *Khafizov A.R., Khazipova A.F.* Correlation of physiographic regions and watershed facies in the forest-steppe zone of west Bashkortostan // Global Science and Innovation/ Materials of the International scientific conference, Vol. II. Chicago. USA, 2013. С. 320–326.
5. Исследование водного режима и русловых процессов реки Дема на участке от села Новомихайловка до села Нижегородка и разработка научно-обоснованных рекомендаций и мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод и противопаводковой защите: отчет о НИР / ФГУП РосНИИВХ; рук. А.Р. Хафизов. Екатеринбург, 2015. 211с. ФГАНУ «ЦИТСОИБ». №115121010023. Инв. №АААА-Б16-216050670084-7.

Сведения об авторах:

Хафизов Айрат Райсович, д-р техн. наук, директор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, (БашНИИВХ), Россия, Республика Башкортостан, 450097, г. Уфа, ул. Бессонова, 27; e-mail: bashniivh@mail.ru

Валитов Салават Альмирович, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, (БашНИИВХ), Россия, Республика Башкортостан, 450097, г. Уфа, ул. Бессонова, 27; e-mail: bashniivh@mail.ru

**ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
НА ПРИЛЕГАЮЩИЙ ЛАНДШАФТ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ УФА
Яфаева Р.М.**

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал (БашНИИВХ), г. Уфа, Россия
razaliya-yafaeva@yandex.ru

Ключевые слова: Павловское водохранилище, правила использования водохранилища, зона воздействия, морфологические и гидрометеорологические условия, климатические характеристики.

Приведены систематизированные по шести зонам воздействия Павловского водохранилища на прилегающий ландшафт среднего течения реки Уфа, разработанные в Правилах использования Павловского водохранилища. Для каждого воздействия указаны зоны влияния и степень их влияния.

**THE PAVLOVSK RESERVOIR ZONES INFLUENCING THE MIDDLE UFA RIVER
SURROUNDING LANDSCAPE**

Yafayeva R.M.

RosNIIVKH Bashkir Branch
Ufa, Russia
razaliya-yafaeva@yandex.ru

Keywords: Pavlovsk reservoir, rules for the use of reservoir, impact zone, morphological and hydro-meteorological conditions, climatic characteristics.

The article discusses the Pavlovsk reservoir impacts systematically divided into six zones and affecting the adjacent landscape of the Ufa River middle reaches. The above impacts have been developed in the Rules for the Pavlovsk Reservoir Exploitation. For each specified impact the area of influence and the extent of their influence have been identified.

Павловское водохранилище, аккумулирующее 1,5 млрд м³ воды, оказывает значительное воздействие на прилегающий ландшафт среднего течения р. Уфа [1–3]. Воздействие водохранилища, как любого крупного антропогенного объекта, на прилегающий ландшафт и водосбор среднего течения реки носит негативный характер [4].

Акватория Павловского водохранилища расположена в лесной и лесостепной ландшафтных зонах Русской равнины [5], по природно-климатическим показателям относится к лесолуговой группе, а по физико-географическим – к Караидельским и Бирским округам [6, 7].

С целью систематизации всех видов воздействий и установления их зон влияния в Правилах использования Павловского водохранилища, разработанных Башкирским филиалом РосНИИВХ, выделены шесть зон (рис. 1):

Зона 1. Зона постоянного затопления – нижняя приплотинная зона водохранилища, покрытая водой при минимальном подпорном уровне воды у плотины гидроузла водохранилища равным 128,50 мБС и минимальных среднесуточных транзитных расходах по длине водохранилища: летом – 150 м³/с, зимой – 120 м³/с. Площадь затопления составляет 57,5 км² и распространяется от створа плотины на 96,9 км. Зона характерна преобладанием режима озерного типа.

Промежуточное положение между зонами 1 и 2 занимает зона при отметке предполоводной сработки водохранилища равная 131,0 мБС, определенная из условия

получения максимальной гарантированной мощности. Площадь затопления – 67,7 км², аккумулирующая емкость – 611,1 млн. м³.

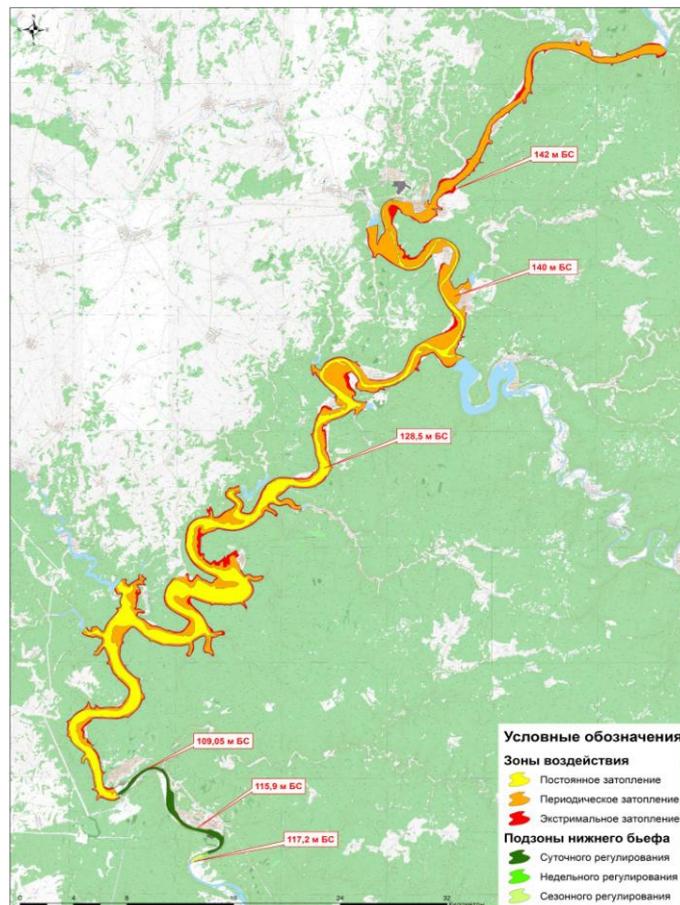


Рис. 1. Границы зон воздействия Павловского водохранилища.

Зона 2. Зона периодического или временного затопления – это территория, покрываемая водой при максимальном подпорном уровне (ФПУ = 142,00 мБС) воды у плотины водохранилища в нормальных условиях эксплуатации при прохождении пика весеннего паводка обеспеченностью $P=0,1$ % с расчетным расходом 8050 м³/с.

В зависимости от вероятной частоты затопления территорий, занимаемых водохранилищем при различных подпорных уровнях воды в нем, во второй зоне выделены три подзоны:

- подзона ежегодного затопления;
- подзона половодного затопления;
- подзона экстремального (катастрофического) затопления.

Зона 3. Зона повышения уровня грунтовых вод и подтопления за счет подпора грунтовых вод. За время эксплуатации водохранилища с 1959 г. произошло формирование многолетней динамики изменения режима грунтовых вод, что обусловлено (преимущественно) затоплением русла р. Уфа и первых надпойменных террас водами водохранилища и смыканием уреза воды с крутыми склонами долины с обеих ее сторон.

Однако негативное влияние грунтовых вод на крутые облесенные склоны, простирающиеся по всей длине водохранилища с обеих сторон, не выявлено. В пределах населенных пунктов, расположенных на более пологих склонах, признаков подтопления территорий также не обнаружено.

Радиус распространения зон влияния депрессионной кривой (уровней подземных вод) вдоль водохранилища составляет не более 100÷150 м, что какого-либо негативного

воздействия на хозяйственные объекты и населенные пункты не оказывает. Прогнозируется, что и в перспективе будет наблюдаться аналогичная динамика изменения многолетнего режима грунтовых вод.

Зона 4. Зона возможного изменения берегов водохранилища – это участки прибрежной территории, на которых происходит изменение первоначальной формы береговых склонов в результате воздействия водохранилища, выражающегося в разрушении надводной части склона волнами и образовании аккумулятивной береговой отмели.

К видоизменению направления (абразионного или аккумулятивного) и интенсивности развития берега, прибрежной отмели приводит изменение морфологических и гидрометеорологических условий формирования типов берегов водохранилища в процессе их переработки под влиянием природных и антропогенных причин. Изменение уровня водохранилища в сторону повышения приводит к абразионному размыву ранее сформированных аккумулятивных и нейтральных берегов. Активны процессы боковой эрозии при весеннем снеготаянии и резких колебаниях уровней воды водохранилища.

Общая длина береговой линии Павловского водохранилища при НПУ 140 мБС составляет 360,0 км. Из них протяженность не размываемых берегов 321,9 км, а абразионно-аккумулятивных берегов 38,9 км.

По результатам обследования береговой линии Павловского водохранилища специалистами БашГУ в период разработки ПТЭБ Павловского водохранилища выявлены 19 участков абразионного типа и 8 участков аккумулятивного типа берегов.

Результаты обследования береговой линии Павловского водохранилища приведены на рис. 2.



Рис. 2. Зона возможного изменения берегов Павловского водохранилища.

Наблюденная по створам динамика выработки по годам (по данным ФГБУ «Башкирское УГМС» и службы эксплуатации Павловской ГЭС) показывает стабилизацию интенсивности переработки береговой полосы по мере эксплуатации водохранилища. Существенных изменений инженерно-геологических условий прибрежных территорий, связанных с перестройкой береговой зоны Павловского водохранилища не ожидается.

Исследования по изменению рельефа земной поверхности в пределах водосборных площадей не проводились. При необходимости рельеф можно смоделировать как ландшафтную катену, имеющую три фации: элювиальная, транзитная и супераквальная [8, 9].

Зона 5. Зона климатического воздействия водохранилища – территория, на которой под воздействием водохранилища происходит заметное изменение характеристик микроклимата по сравнению с природными условиями. За основной фактор, определяющий интенсивность и зону климатического влияния, принимается теплофизический контраст вода – суша. Изменение местного климата под влиянием водохранилища наиболее заметно проявляется в колебаниях температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, условий туманообразования.

Условной тип водохранилища с крутыми (высотой до 100÷150м) склонами, поросшими лесной растительностью, и небольшими размерами (средняя глубина – 11,7м, средняя ширина – 0,8 км) предопределяют незначительное влияние на местный климат, степень влияния оценивается как минимальная.

Средние величины отклонения климатических характеристик по Павловскому водохранилищу от соответствующих значений в природных условиях и их динамики приведены в таблице.

Таблица. Средние величины отклонения климатических характеристик от соответствующих значений в природных условиях по Павловскому водохранилищу

| Климатические характеристики | Средние величины отклонения |
|---|-----------------------------|
| Расстояние охлаждающего влияния водохранилища | до 0,3 км |
| Изменение температуры воздуха: | |
| среднесуточной | 2÷3 °С |
| среднемесячной | 0,3-2,0 °С |
| Увеличение среднемесячной относительной влажности | 10÷12 %. |
| Период максимальных изменений относительной влажности воздуха | весенне-летний |
| Суточные изменения влажности: | |
| ночью | уменьшение |
| днем | повышение |

Из-за небольшой ширины зеркала воды Павловского водохранилища, изолинии разностей полей климатических характеристик по площади зеркала водохранилища будут незначительными. В целом климат прилегающего к Павловскому водохранилищу района стал мягче и благоприятнее для проживания и ведения сельского хозяйства.

Зона 6. Зона воздействия регулирования поверхностного стока вод в водный объект ниже гидроузла – территория ниже гидроузла водохранилища, в пределах которой режим расходов, уровней воды в водотоках и водоемах претерпевает существенные изменения.

В р. Уфе ниже Павловского гидроузла наблюдаются процессы переработки берегов непосредственно ниже плотины водохранилища. Произошло увеличение глубин до 8 м. Происходит постепенное смещение русла в правую сторону, приводящее к размыву правого берега и склонов на протяжении 2,5 км от створа плотины и формированию побочной и отмелей вдоль левого берега. На расстоянии 0,8÷1,0 км ниже плотины в меженное время наблюдается формирование порогов в виде отмелей и островков.

В соответствии с порядком регулирования режима функционирования, установленного в Правилах использования водных ресурсов Павловского водохранилища, в водохранилище осуществляется сезонное, недельное и суточное регулирование. В нижнем бьефе, при максимальном расчетном сбросном расходе воды 0,1 % обеспеченности (8 050 м³/с), в зоне воздействия расположен г. Уфа.

Систематизация по шести зонам воздействия позволяет определить негативное воздействие Павловского водохранилища на прилегающий ландшафт среднего течения р. Уфа. В целом водохранилище негативного воздействия на хозяйственные объекты и населенные пункты не оказывает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хафизов А.Р.* О разработке Правил использования водохранилищ (на примере водохранилищ Республики Башкортостан) // Матлы Всеросс. науч.-практ. конф. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2014. С. 457–462.
2. *Хафизов А.Р., Шакиров А.В.* Экологическая трансформация инфраструктуры водосборов Западного Башкортостана // Проблемы региональной экологии. 2009. № 6. С. 9–14.
3. *Яфаева Р.М.* История строительства и эксплуатации Павловского водохранилища // Матлы VIII всеросс. науч.-практ. конф. молод. ученых «Наука молодых – инновационному развитию АПК» (8 декабря 2015 г.). Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. С. 243–246.
4. *Хафизов, А.Р.* Экологические проблемы и комплексное обустройство водосборов Западного Башкортостана // Аграрный вестник Урала. 2010. № 3(69). С. 86–88.
5. *Яфаева Р.М.* Анализ акваториального районирования Павловского водохранилища // Мат-лы междунар. конф. «Проблемы сохранения и преобразования агроландшафтов» (30 сентября 2016 г.). Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. С. 330–336.
6. *Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф.* Об учете классификации водосборов Западного Башкортостана по природно-климатическим и физико-географическим показателям при геоморфологических исследованиях // Мат-лы Всеросс. науч.-практ. конф. «Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе». Ч. 1. Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. С. 280–282.
7. *Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф.* Связь между физико-географическими районами и тепловлагообеспеченностью фаций водосборов лесостепной зоны Западного Башкортостана // Геоэкологические основы землеустройства: мат-лы. междунар. науч.-практ. конф. 2014. Уфа: БГПУ. С. 32–37.
8. *Хафизов, А.Р., Хазипова А.Ф.* Модель рельефа земной поверхности ландшафтных катен водосборов Западного Башкортостана // Мат-лы науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию БашГАУ. Уфа: Башкирский ГАУ, 2010. С. 213–216.
9. *Хафизов А.Р., Шакиров А.В., Хазипова А.Ф.* Использование геоморфологических параметров катен в модели устойчивого функционирования водосборов Западного Башкортостана // Экологические системы и приборы. 2013. № 5. С. 28–31.

Сведения об авторе:

Яфаева Разалия Маратовна, магистрант, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, Россия, Республика Башкортостан, 450046, г. Уфа, ул. Бессонова, 27; e-mail: razaliya-yafaeva@yandex.ru

**РАСЧИСТКА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАИЛЕННЫХ, ЗАРОСШИХ И «УМЕРШИХ»
ВОДОЕМОВ И ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Согин А.В.

ООО «Сапропель», Нижний Новгород, Россия
sapropel-nn@mail.ru

Ключевые слова: водоемы, донные отложения, поисково-модульное проектирование, патенты, земснаряды, расчистка водоемов.

Представлена информация о практике создания земснарядов в ООО «Сапропель». С помощью созданной техники выполняются работы по расчистке и восстановлению водоемов.

**CLEANING AND RESTORATION OF SILTED OVERGROWN AND «DEAD» WATER
BODIES AND ISSUES OF NATIONAL MACHINERY DEVELOPMENT**

Sogin A.V.

ООО SAPROPEL,
Nizhniy Novgorod, Russia
sapropel-nn@mail.ru

Key words: ponds, bottom deposits, search and modular designing, patents, dredgers, tasks are done, cleaning of ponds.

Information is provided about the practice of dredgers production in «Sapropel» Ltd. Water bodies cleaning and restoration operations are being conducted with the developed machinery.

Проблема качества воды актуальна для большинства территорий нашей страны. Известно, что в ряде регионов существует реальная угроза экологической, санитарно-эпидемиологической обстановки водоемов и возникновению чрезвычайных ситуаций. Городские водоемы промышленных городов, которые в годы индустриализации использовались как сточные канавы, в настоящее время накопили огромное количество донных отложений, которые представлены вредными и токсичными составляющими.

Обследования водных объектов в Нижнем Новгороде, проведенные учеными и специалистами ННГУ, показали, что практически все водоемы в черте города требуют проведения комплекса инженерных работ по расчистке и дноуглублению, поскольку уровень загрязненности донными отложениями практически во всех водоемах города квалифицируются как «чрезвычайная экологическая ситуация» [1]. По причине чрезмерного скопления донных отложений идет вторичное загрязнение водной среды, происходит подтопление территорий и населенных пунктов.

Донные отложения образованы бытовыми и промышленными сточными водами и сапропелевыми отложениями, которые накоплены в водоеме в результате оседания естественной органики: листья, отмерших водных растений, веток, отходов жизнедеятельности рыб и водоплавающих птиц. Количество донных и сапропелевых отложений в водоемах Российской Федерации ежегодно увеличивается на 1 млн м³, а их общий запас исчисляется миллиардами кубических метров.

Донные отложения изменяют качество воды, приводят к нарушению биологического равновесия в водоеме, подавлению самоочищения водоема, изменению экосистемы. Заиленные мелкие водоемы быстро зарастают растениями, загрязняются и становятся непригодными для использования, что приводит к их отмиранию.

Для восстановления и создания чистых водоемов и чистой воды необходимо, в первую очередь, осуществлять расчистку водных объектов от скопившихся донных отложений. С необходимостью расчистки водных объектов связано обеспечение экологической безопасности населения, предотвращение подтопления территорий и разрушения плотин и дамб.

Для решения этой проблемы необходимо иметь соответствующие эффективные технические средства, к которым относятся землесосные снаряды. Землесосные снаряды способны осуществлять технологический цикл расчистки, дноуглубления и восстановления водных объектов. В настоящее время известны в основном зарубежные земснаряды – финский земснаряд «WATERMASTER», канадский «AMPHIBEX», голландский «BEAVER». Эти земснаряды являются многофункциональными, с современным позиционным оборудованием, технически совершенны и весьма дорогостоящи. Без создания эффективных отечественных земснарядов мы не можем решить проблему восстановления водоемов.

В настоящее время изготавливаются отечественные образцы земснарядов на заводе «Гидромеханизация» в г. Рыбинске, на «Цимлянском судомеханическом заводе» в Ростовской области, ЗАО «Гидромеханизация» в г. Миассе, ООО «СпецГидроМаш» в Ярославле и др. Эти предприятия ориентированы в основном на выпуск карьерных земснарядов, предназначенных для добычи строительных песков. Для расчистки водных объектов необходимы мелиоративные земснаряды подобные тем, что ранее выпускались в г. Поти на заводе «Гидромеханизация».

В настоящее время созданием мелиоративных земснарядов для расчистки водных объектов занимается ООО «Сапропель». Компания «Сапропель» ведет свою историю от экологического научно-производственного кооператива, созданного в 1985 г. при Горьковском сельскохозяйственном институте для разработки техники для расчистки прудов и добычи иловых сапропелевых удобрений.

На первоначальном этапе выполнялись патентные исследования и разработка проектов машин на основе собственной методологии проектирования [2, 3]. В дальнейшем создавались образцы землесосных снарядов, которые защищались патентами и изобретениями.

Создание земснарядов осуществлялось на основе поисково-модульного проектирования, процесс которого поясняется следующей схемой:

$$P_0 \rightarrow F_0 \rightarrow \sum F_i \rightarrow \sum S_i \rightarrow S_0 .$$

Сформулированная общественная потребность $\{P_0\}$ – расчистка водоемов, может быть реализована с помощью технологического комплекса, который выполняет основную целевую функцию $\{F_0\}$.

В технологический комплекс входит выполнение определенных функций $\{F_i\}$, при котором их суммарное проявление $\sum F_i$ составляет целевую функцию $\{F_0\}$ и которая удовлетворяет потребности $\{P_0\}$

$$P_0 = F_0 = \sum F_i .$$

В нашей задаче целевую функцию $\{F_0\}$ можно сформулировать следующим образом:

F_0 – забор донных отложений с дна водоема и транспортирование их на берег.

Для создания технической системы необходимо произвести функциональный анализ условного технологического процесса. При анализе условной технико-технологической системы по расчистке водоема на каждом этапе определяются основные функции $\{F_i\}$, которые необходимо выполнить определенной технической системой.

$$F_0 = \sum F_i = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$

F_1 – забор донных отложений под водой; F_2 – транспортирование на берег; F_3 – управляемость технической системы; F_4 – укладка отложений на берегу; F_5 – удаление в отвал.

Например, для реализации функции F_1 – забор донных отложений под водой можно найти множество технических решений, которые могут реализовать эту функцию и будут отражать функционально-структурную связь.

$$F_1 \rightarrow S_{1.1}; S'_{1.2}; \dots S_{1.n}.$$

Для большей наглядности найденные технические структуры запишем в табл. 1.

Таблица 1. Возможные варианты функционально-структурного соответствия при выполнении функции F_1

| Выполняемая функция | Техническая структура | |
|--|-----------------------|-------------------------------|
| F_1 – забор донных отложений под водой | $S_{1.1}$ | Грунтовым насосом |
| | $S_{1.2}$ | Черпаками |
| | $S_{1.3}$ | Шнековым устройством |
| | $S_{1.4}$ | Канатно-скреперной установкой |
| | $S_{1.5}$ | Экскаваторным ковшом |
| | $S_{1.6}$ | Грейферным устройством |

Выбор или создание структуры технического объекта на первоначальном этапе функционирования $\{F_1\}$ – забор отложений из-под воды, зависит от свойств отложений в залежи, от их первоначальных структурно-механических характеристик.

$$S_i = f(W; \gamma; K_{nl}; K_n; \tau; \eta),$$

где W – влажность отложений в залежи; γ – плотность отложений; K_{nl} – пластичность; K_n – липкость; τ – предельное напряжение сдвига; η – вязкость.

Для нахождения наиболее работоспособного варианта структуры технической системы $\{S_i\}$, который в большей мере, чем остальные соответствует условиям выполнения функциональной задачи $\{F_i\}$, необходимо рассматривать определенную техническую структуру с позиции показателей качества $\{K_i\}$, которые оцениваются по многим критериям: эксплуатационно-техническим; экологическим; технологическим; показателям надежности и долговечности.

$$K_i = (K_1, K_2, \dots K_n).$$

Поиск оптимальных решений из множества допустимых – ответственный шаг и в основном зависит от профессионализма и качества работы конструктора, т. к. до настоящего времени не существует каких-либо практических и универсальных критериев оценки эффективности всевозможных решений.

В сложившихся условиях, когда создано множество технических устройств, выполняющих определенную функцию, имеется колоссальный банк авторских свидетельств, патентов на изобретения и промышленные образцы, необходимо в полной мере использовать эту информационную базу.

В первую очередь необходимо обращаться на рынок существующих образцов техники, разработанных технических систем и создавать производство на основе готовых конструктивных модулей $\{M_i\}$.

В нашем случае под модулем $\{M_i\}$ будем понимать самостоятельное техническое устройство, отдельное изделие, выполняющее определенную функцию $\{F_i\}$, собранное и готовое к монтажу, такие как

M^1 – грунтовый насос
 M^2 – силовой агрегат
 M^3 – редуктор

M^4 – папильонажные лебедки
 M^5 – рамоподъемные лебедки
 M^6 – электродвигатели

Поисково-модульная технология проектирования и создания работоспособной конструкции показана на принципиальной схеме (рис. 1).

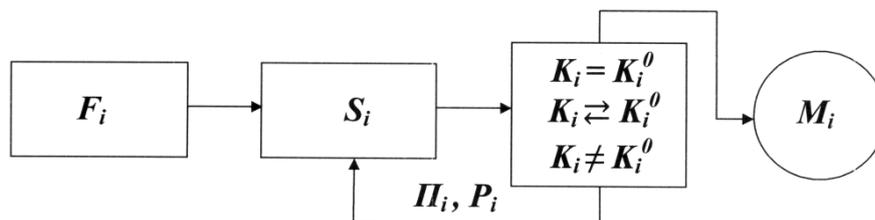


Рис. 1. Принципиальная схема поисково-модульного проектирования.

При выборе определенной структуры объекта $\{S_i\}$ происходит анализ этой структуры с точки зрения оценки обобщенного показателя качества $\{K_i\}$. Если показатель $\{K_i\}$ отвечает наилучшему значению $\{K_i^0\}$, то эту техническую структуру берут как готовый технологический модуль $\{M_i\}$.

$$K_i = K_i^0 \rightarrow M_i.$$

В случае, если выбранная структура не отвечает каким-либо показателям качества $\{K_i \neq K_i^0\}$, то процесс проектирования продолжается в виде поиска другой структуры $\{P_i \rightarrow S_i\}$ или разработки новой структуры $\{P_i \rightarrow S_i\}$. Процесс может многократно продолжаться до поиска варианта технической системы, при которой достигается наилучшее значение обобщенного показателя качества

$$\max K_i = K_i^0.$$

В ООО «Сапрпель» по такому принципу разрабатываются земснаряды «Нижегородец». На рис. 2 показаны созданные земснаряды, которые организация может поставлять заказчику.

Коллектив фирмы на протяжении 25 лет выполняет работы по расчистке и восстановлению водных объектов на созданных земснарядах.

При расчистке заросшего канала в Курьмской сельхознизине Нижегородской области (рис. 3) применялась специальная фреза по патенту № 45144 для срезания и измельчения плавающей растительности.



Рис. 3. Расчистка заросшего канала в Курьмской сельхознизине в Нижегородской области.

Цена земснаряда
4,5 млн. руб.

НИЖЕГОРОДЕЦ-1

Без технологических принадлежностей



Земснаряд «Нижегородец-1» используется при расчистке русел рек, прудов, хозяйственных водоемов, каналов. Обеспечивает удаление грунта в объеме 25000 м³ в месяц.

Изготовим земснаряд или выполним работу по договору.

| Технические характеристики | | | |
|--|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Подача насоса по пульпе, м ³ /ч | Мощность насоса, кВт | Максимальная глубина разработки, м | Дальность транспортирования, м |
| 400 | 75 | 8 | 300 |

Цена земснаряда
7,9 млн. руб.

НИЖЕГОРОДЕЦ-2

Без технологических принадлежностей



Земснаряд «Нижегородец-2» используется для расчистки водоемов и намыве строительных песков. Обеспечивает намыв грунта в объеме 50000 м³ в месяц.

Изготовим земснаряд или выполним работу по договору.

| Технические характеристики | | | |
|--|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Подача насоса по пульпе, м ³ /ч | Мощность насоса, кВт | Максимальная глубина разработки, м | Дальность транспортирования, м |
| 800 | 250 | 11 | 900 |

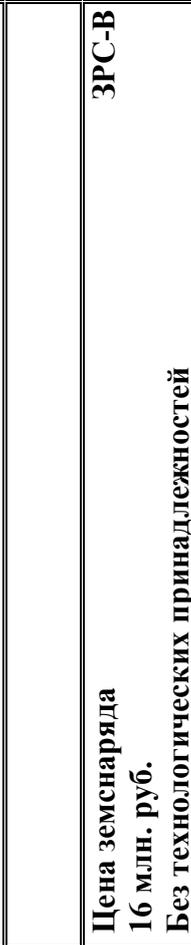
| <p>Цена земснаряда 13 млн. руб. Без технологических принадлежностей</p> | <p>НИЖЕГОРОДЕЦ-3</p> <p>«Нижегородец-3» может работать как от дизельно-генераторной установки мощностью 500 кВт, так и от электросети $U = 6000$ В. Обеспечивает намыв песка до 70000 тонн в месяц. Изготовим земснаряд или выполним работу по договору.</p> |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Технические характеристики</th> </tr> <tr> <th>Подача насоса по пульпе, м³/ч</th> <th>Мощность насоса, кВт</th> <th>Максимальная глубина разработки, м</th> <th>Дальность транспортирования, м</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1600</td> <td>250</td> <td>16</td> <td>600</td> </tr> </tbody> </table> | Технические характеристики | | | Подача насоса по пульпе, м ³ /ч | Мощность насоса, кВт | Максимальная глубина разработки, м | Дальность транспортирования, м | 1600 | 250 | 16 | 600 |
|---|--|---|---|----------------------------|--|--|--|----------------------|------------------------------------|--------------------------------|------|-----|----|------|
| Технические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Подача насоса по пульпе, м ³ /ч | Мощность насоса, кВт | Максимальная глубина разработки, м | Дальность транспортирования, м | | | | | | | | | | | |
| 1600 | 250 | 16 | 600 | | | | | | | | | | | |
| <p>Цена земснаряда 16 млн. руб. Без технологических принадлежностей</p> | <p>ЗРС-В</p> <p>Земснаряд «ЗРС-В» (высоковольтный) используется на карьерах с подводкой электросети напряжением 6000 В. Обеспечивает намыв песка до 90000 тонн в месяц. Изготовим земснаряд или выполним работу по договору.</p> |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Технические характеристики</th> </tr> <tr> <th>Подача насоса по пульпе, м³/ч</th> <th>Мощность насоса, кВт</th> <th>Максимальная глубина разработки, м</th> <th>Дальность транспортирования, м</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1600</td> <td>500</td> <td>16</td> <td>1300</td> </tr> </tbody> </table> | Технические характеристики | | | Подача насоса по пульпе, м ³ /ч | Мощность насоса, кВт | Максимальная глубина разработки, м | Дальность транспортирования, м | 1600 | 500 | 16 | 1300 |
| Технические характеристики | | | | | | | | | | | | | | |
| Подача насоса по пульпе, м ³ /ч | Мощность насоса, кВт | Максимальная глубина разработки, м | Дальность транспортирования, м | | | | | | | | | | | |
| 1600 | 500 | 16 | 1300 | | | | | | | | | | | |

Рис. 2. Земснаряды, создаваемые в ООО «Сапропель», г. Нижний Новгород.

Землесосные снаряды предложенной конструкции использовались при строительстве хозяйственных водоемов (рис. 4) при расчистке городских водоемов (рис. 5) и при восстановлении русел малых рек (рис. 6).



Рис. 4. Строительство хозяйственного водоема.



Рис. 5. Расчистка городского водоема.



Рис. 6. Восстановление русла малой реки.

Эффективность работы коллектива компании заключается в том, что создана технологическая цепочка «от проекта – до объекта», что представляет наибольшую ценность при конструкторских разработках.

Таким образом, для решения проблемы получения чистой воды из открытых водоемов в настоящее время необходимо провести расчистку водных объектов от чрезмерно накопившихся донных отложений. Вопросы удаления донных отложений связаны с созданием отечественной конкурентоспособной техники.

В Российской Федерации на данный момент не сформированы ни федеральные, ни частные организации, которые создавали бы и представляли на рынок мелиоративные земснаряды, способные эффективно выполнять расчистку и восстановление водоемов. Имеющийся единичный выпуск таких земснарядов основан на частной инициативе, без серьезной проработки патентных исследований и без учета оценки уровня мировых образцов.

Проблема «чистой воды» требует финансовой поддержки на опытно-конструкторские разработки инновационной импортозамещающей техники, способной с высокой производительностью выполнять работы по расчистке и восстановлению водоемов. Без такой поддержки мы обречены на технологическое отставание от развитых стран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гелашивили Д.Г., Охапкин А.Г., Дронина А.И., Котунин В.И., Иванов Е.Ф.* Экологическое состояние водных объектов Нижнего Новгорода. Н. Новгород: ННГУ, 2005. 414 с.
2. *Согин А.В.* Функционально-структурный подход к разработке машин для добычи сапропеля / Сб. научных трудов. Совершенствование эксплуатационных качеств тракторов и автомобилей и использование машино-тракторного парка. Горький, 1986. С. 48–59.
3. *Согин А.В.* Поисковое проектирование и создание машин для добычи сапропеля и очистки водоемов / Сб. научных статей «Гидромеханизация – 2006». М.: МГУ, 2006. С. 117–134.
4. Авторское свидетельство № 1687750 СССР, МКИ, ЕО2Р 3/88, 5/28. Устройство для очистки водоемов / А.В. Согин, О.В. Удюрминов, В.М. Коновалов. Заявл. 04.04.1989, опубл. 30.10.1991. Бюллетень № 40.
5. Патент на промышленный образец № 54841. Земснаряд / А.В. Согин. Заявл. 04.04.2003, опубл. 16.06.2004.
6. Патент № 41746. Землесосный снаряд / А.В. Согин. 2004. Бюллетень № 31.
7. Землесосный снаряд. Патент № 168458 / А.В. Согин, А.П. Вакуров, Л.В. Морозов. Дата государственной регистрации 03.02.2017.

Сведения об авторе:

Согин Александр Васильевич, директор, ООО «Сапропель», Россия, 603093, Нижний Новгород, ул. Родионова, д. 165, корп. 9, оф. 9; e-mail: sapropel-nn@mail.ru