

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ»
(РУП «ЦНИИКИВР»)

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ЭФФЕКТИВНОГО И КОМПЛЕКСНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ»,
ПРИУРОЧЕННОЙ КО ВСЕМИРНОМУ ДНЮ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

21–22 марта 2024 года, г. Минск

Минск
Национальная библиотека Беларуси
2024

УДК 556.182(06) + 502.51:502.17(06) + 628.3(06)
ББК 38.761.2я431 + 26.22я431
С23

Ответственный редактор – кандидат биологических наук О. В. Ковзунова

Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов», приуроченной ко Всемирному дню водных ресурсов (Минск, 21–22 марта 2024 г.) / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, РУП «ЦНИИКИВР» ; [отв. ред. О. В. Ковзунова]. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2024. – 114 с., ил.
ISBN 978-985-7293-74-2.

В сборнике освещены современные и актуальные вопросы эффективного, всестороннего и комплексного использования водных ресурсов. Издание рассчитано на работников учреждений образования, научных сотрудников, профессорско-преподавательский состав, аспирантов, докторантов, студентов высших учебных заведений и учреждений последиplomного образования, а также специалистов в области природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Стилистика, пунктуация и орфография авторов сохранены. Автор несет ответственность за достоверность публикуемых данных.

УДК 556.182(06) + 502.51:502.17(06) + 628.3(06)
ББК 38.761.2я431 + 26.22я431

ISBN 978-985-7293-74-2

© Составление. Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», 2024

© Оформление. Государственное учреждение «Национальная библиотека Беларуси», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Асадчая М.А., Квач Е.Г.</i> Особенности гидрологического мониторинга на территории Республики Беларусь	5
<i>Ахмадиева Ю.И., Дубенок С.А.</i> Оценка динамики поступления загрязняющих веществ с очистных сооружений сточных вод населенных пунктов в поверхностные водные объекты Республики Беларусь	6
<i>Баскакова А.И.</i> Типы русловых процессов рек Арктической Зоны	11
<i>Берёзко О.А., Васнёва О.В., Черевач Е.М.</i> Трансграничный мониторинг подземных вод Республики Беларусь: современное состояние, цели и задачи	14
<i>Болгов М.В., Лобанова А.Г.</i> Современные проблемы гидрологических расчетов и пути их решения в новых нормативных документах	18
<i>Водейко М.В., Цубленок Д.В., Громадская Е.И.</i> Полевые исследования в рамках инвентаризации поверхностных водных объектов Беларуси	21
<i>Волчек А.А.</i> Асинхронность в колебаниях стока Белорусского Поозерья и Полесья.....	25
<i>Денищик А.И., Голод Ю.В.</i> Качественный анализ природного (фоновое) содержания металлов (железо общее, марганец, медь, цинк) в водах поверхностных водных объектов Республики Беларусь.....	30
<i>Ересько М.А.</i> Локальный мониторинг подземных вод: актуальные вопросы и перспективы.....	34
<i>Захарко П.Н., Юшкис А.К.</i> Изменение водопользования на предприятиях по производству сыров с учетом переработки сыворотки.....	38
<i>Ивашко Е.А., Макусь А.З., Булак И.А., Луханина Н.В.</i> Оценка качества воды водохранилища Зельвянское.....	41
<i>Истомин А.П.</i> Особенности гидрологического режима северной части Волго-Ахтубинской поймы на примере озерной системы Чайка	45
<i>Калюжный И.Л.</i> Поступление и вынос минеральных и органических компонентов за пределы контура болот Кольского полуострова	48
<i>Католиков В.М., Католикова Н.И.</i> Усовершенствованная типизация руслового процесса ГГИ и новые возможности ее практического применения	52
<i>Китиков В.О., Барановский И.В.</i> Условия эффективного использования воды как ресурса в жилищно-коммунальном хозяйстве	57
<i>Краснова М.А., Гайдукова Е.В.</i> Статистический анализ рядов наблюдений за гидрохимическими показателями вод водных объектов Санкт-Петербурга.....	62
<i>Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженок А.В., Семенова Д.А.</i> Оценка влияния современного изменения климата на характеристики ледового режима рек бассейна Северной Двины.....	67
<i>Мавлони М.С., Мавлони С.Р.</i> Центральная Азия: платное водопользование миф или реальность.....	71
<i>Макусь А.З.</i> Сравнительный анализ озер Ушачской группы (озера Кривое и Отолово)	74
<i>Пашкевич В.И., Жогло В.Г.</i> Геоэкологическое состояние подземных вод на участках разработки нефтяных месторождений в бассейне р. Ведрич	78
<i>Пашкевич В.И.</i> Ультрапресные подземные воды – новый вид гидроминеральных ресурсов Беларуси.....	82
<i>Ронжин А.Л., Глибко О.Я.</i> Мониторинг, прогнозирование и реабилитация нарушенных и загрязненных природно-хозяйственных водных экосистем.....	85
<i>Семененко Л.В., Кочик Е.Н., Андрейчик Д.В., Шкабара В.В., Сорока А.М., Захаренков М.А., Каштан А.О., Громадская Е.И., Таврыкина О.М.</i> Информационно-аналитическая система контроля и анализа деятельности в водоохранных зонах	89
<i>Сикан А.В.</i> Новый (ранговый) метод расчета внутригодового распределения речного стока	93

<i>Суховило Н.Ю., Власов Б.П.</i> Многолетняя динамика гидроэкологического состояния озер НП «Браславские озера» и эффективность существующих природоохранных мероприятий	97
<i>Сушкова В.А., Вуглинский В.С.</i> Динамика изменений уровней воды озер европейского севера (на примере озер северо-запада ЕТР и Финляндии).....	101
<i>Таврыкина О.М., Семенченко В.П., Вежновец В.В., Карпаева А.Ю., Журавлев М.Д.</i> Анализ индикаторных показателей для разработки методики определения уровня трофности озер в Республике Беларусь.....	104
<i>Цубленок Д.В., Водейко М.В.</i> Экологический рейтинг как инструмент природоохранной деятельности Республики Беларусь	107
<i>Шпакова Д.А.</i> Гидрохимическая оценка степени загрязненности поверхностных вод в районе отработки II очереди месторождения «Хотиславское»	111

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Асадчая М.А., Квач Е.Г.

*Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»
(Белгидромет), г. Минск, Республика Беларусь, gid2@hmc.by*

Гидрологический мониторинг является составной частью гидрометеорологического мониторинга. Главной задачей гидрологического мониторинга, является получение информации о наличии ресурсов поверхностных вод, их территориального распределения и изменчивости во времени.

Features of hydrological monitoring on the territory of the Republic of Belarus

Asadchaya M., Kvach E.

Hydrological monitoring is an integral part of hydrometeorological monitoring. The main task of hydrological monitoring is to obtain information about the availability of surface water resources, their territorial distribution and variability over time.

Гидрологический мониторинг является составной частью гидрометеорологического мониторинга. Главными задачами мониторинга количества поверхностных вод являются организация наблюдений, сбор и получение информации о наличии и ресурсах поверхностных вод, их распределении и изменчивости во времени, а также выпуск кадастровых документов, содержащих проанализированные и обработанные результаты гидрологических наблюдений.

Потребность в изучении гидрологического режима водных объектов Беларуси начала ощущаться уже в начале XVIII в. Этому способствовало географическое положение Беларуси на водоразделе двух морей – Балтийского и Черного, а также наличие на ее территории таких крупных рек, как Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож и Припять, издавна служивших путями экономических и культурных связей с другими государствами. Регулярные наблюдения за гидрологическим режимом на территории Беларуси начаты в конце XIX в. (1876–1881) на гидрологических постах р. Западная Двина у н. п. Витебск и Улла, р. Неман у н. п. Столбцы, Мосты и Гродно, р. Днепр у н. п. Орша, Могилев, Лоев, р. Сож у н. п. Гомель, р. Березина у н. п. Борисов, р. Припять у н. п. Мозырь и др.

За период от начала наблюдений и по настоящее время на территории Беларуси действовало 766 гидрологических постов, в том числе 715 на реках и каналах, а также 51 гидрологический пост на озерах и водохранилищах.

В настоящее время на территории республики действует 112 гидрологических постов, относящихся к Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, из них 102 речных (90 стоковых, 12 уровенных) и 10 озерных. Два уровенных гидрологических поста на р. Припять находятся в ведомстве Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [1].

Основной целью проведения гидрологических наблюдений является получение данных о состоянии поверхностных водных объектов (рек, озер, водохранилищ, каналов) и их водных ресурсах, используемых для изучения гидрологического режима, ведения государственного водного кадастра, оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы, в том числе оценки трансграничного переноса загрязняющих веществ.

Гидрологические данные являются основным источником для составления гидрологических прогнозов и обеспечения потребителей гидрологической информацией.

Программа гидрологических наблюдений для каждого гидрологического поста устанавливается в соответствии с требованиями технических кодексов установившейся практики.

На реках и каналах проводятся наблюдения за уровнем и температурой воды, за толщиной льда и высотой снега на льду, измерения расходов воды, взятие проб воды на мутность, проб наносов и донных отложений на механический анализ.

Наблюдения на озерах и водохранилищах проводятся в прибрежной зоне и на акватории (открытой части водоема). В прибрежной зоне проводятся наблюдения за уровнем воды, температурой воды у берега, ледовыми явлениями, за толщиной льда, высотой и плотностью снега на льду. На акватории озер и водохранилищ проводят наблюдения за температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра, температурой воды в поверхностном слое и на глубинах, за прозрачностью и цветом воды.

Более чем на 60 гидрологических постах дополнительно проводятся метеорологические наблюдения за осадками и снежным покровом.

На специализированной болотной станции Полесская (открыта 01.08.1947 г.), являющейся уникальной и единственной для Республики Беларусь, проводятся наблюдения за гидрологическими характеристиками осушенного Лунинского болотного массива.

Материалы наблюдений, полученные за период работы станции, позволяют охарактеризовать гидрологический режим болот данной местности, а также проследить, как повлияло на гидрологический режим проведение осушительных мероприятий и ведение на осушенных территориях сельского хозяйства.

На девяти водноиспарительных площадках по испаромеру ГГИ-3000 в безледоставный период (апрель – ноябрь) проводятся наблюдения за испарением с водной поверхности [2]. Данные об испарении с водной поверхности используются при расчетах водных балансов регионов, проектировании водохранилищ, в прогнозировании использования водных ресурсов водохозяйственных объектов.

Для оценки массопереноса загрязняющих веществ на трансграничных участках водотоков в бассейнах рек Западная Двина, Неман, Западный Буг, Днепр, Припять и оценки гидрологической обстановки на основных реках республики, в том числе в период экстремальных ситуаций, проводится определение гидрологических показателей в 31 трансграничном створе: 4 – в бассейне Западной Двины, 1 – в бассейне Вилии, 3 – в бассейне Немана, 9 – в бассейне Западного Буга, 6 – в бассейне Днепра, 8 – в бассейне Припяти.

Рациональное использование и охрана водных ресурсов, планирование и осуществление водохозяйственных и водоохраных мероприятий невозможны без наличия достоверной и полной информации о располагаемых водных ресурсах. Поэтому регулярно проводящийся на территории Республики Беларусь гидрологический мониторинг имеет огромное значение, поскольку обеспеченность государства водными ресурсами является одной из приоритетных составляющих его природного потенциала.

Список литературных источников

1. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. (за 1981–2022 гг.). – Минск.
2. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / под общ. ред. А. И. Полищука, Г. С. Чекана. – Минск : Книгасбор, 2009. – 268 с.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ахмадиева Ю.И.¹, Дубенок С.А.²

¹Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь, 7069760@gmail.com

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Представлены результаты анализа массы загрязняющих веществ, поступивших в поверхностные водные объекты в составе сточных вод, сбрасываемых после очистных сооружений сточных вод населенных пунктов биологической очистки в искусственных условиях, и дана оценка динамики их поступления за период 2018–2022 гг.

Assessment of the dynamics of the flow of pollutants from wastewater treatment plants of settlements into surface water bodies of the Republic of Belarus

Akhmadziyeva Y., Dubianok S.

The article presents the results of an analysis of the mass of pollutants entering surface water bodies as part of wastewater discharged after wastewater treatment facilities of biological treatment settlements in artificial conditions and provides an assessment of the dynamics of their receipt for the period 2018–2022.

В соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь, одним из основных принципов охраны и использования вод является предупреждение загрязнения, засорения водных объектов. В свою очередь, под загрязнением вод понимают поступление в воды (водные объекты), нахождение и (или) возникновение в них в результате вредного воздействия на водные объекты веществ, физических факторов, микроорганизмов, свойства, местоположение или количество которых приводят к отрицательным изменениям физических, химических, биологических и иных показателей состояния водных объектов, в том числе к превышению нормативов в области охраны и использования вод [1].

Как известно, основными источниками загрязнения вод (водных объектов) являются сточные воды, образующиеся в хозяйственной и иной деятельности и сбрасываемые в окружающую среду, в том числе в поверхностные водные объекты.

Информация о содержании загрязняющих веществ и объемах сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты всеми водопользователями, формируется ежегодно в составе данных государственного водного кадастра.

Данные о массе сброса загрязняющих веществ и показателей составе сточных вод формируются водопользователями на основании результатов производственных наблюдений в области охраны окружающей среды в соответствии с перечнем загрязняющих химических и иных веществ в составе сточных вод, установленных в разрешении на специальное водопользование или комплексном природоохранном разрешении.

Согласно Положению о порядке ведения государственного водного кадастра и использования его данных [1], формирование и актуализация данных государственного водного кадастра осуществляются в разрезе административно-территориальных единиц (областей, районов, городов областного подчинения и г. Минска), речных бассейнов и видов экономической деятельности, при этом одним из основных источников данных являются данные государственной статистической отчетности по форме 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании вод».

Целью данного исследования является оценка и анализ динамики поступления массы загрязняющих веществ, поступивших в поверхностные водные объекты в составе хозяйственно-бытовых и городских сточных вод сточных вод, сбрасываемых после очистных сооружений сточных вод населенных пунктов биологической очистки в искусственных условиях за период 2018–2022 гг.

Источником информации для выполнения исследования являются данные государственной статистической отчетности по форме 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании вод», обобщенные в разрезе водопользователей, эксплуатирующих очистные сооружения сточных вод населенных пунктов биологической очистки в искусственных условиях со сбросом сточных вод в поверхностные водные объекты (далее – организации водопроводно-канализационного хозяйства).

Оценка динамики поступления загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты выполнена по основным параметрам (загрязняющим веществам и показателям), определяемым в составе хозяйственно-бытовых, городских сточных вод, удаляемым в процессе биологической очистки: биохимическое потребление кислорода (далее – БПК₅), химическое потребление кислорода (далее – ХПК_{Cr}), взвешенные вещества, аммоний-ион, азот общий и фосфор общий.

В таблице представлены результаты анализа данных о массе загрязняющих веществ и показателей, сбрасываемых организациями водопроводно-канализационного хозяйства с

очистных сооружений сточных вод населенных пунктов биологической очистки в искусственных условиях в поверхностные водные объекты (далее – ОССВНП), а также их доля от общей массы загрязняющих веществ и показателей, сбрасываемых водопользователями в поверхностные водные объекты за период 2018–2022 гг.

Таблица – Масса загрязняющих веществ и показателей, а также их доля от общей массы загрязняющих веществ и показателей, сбрасываемых в поверхностные водные объекты за 2018–2022 гг.

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества/показателя	Масса загрязняющего вещества/показателя, тыс. тонн					2022 г. к уровню 2018 г., %
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
1	БПК ₅ , всего	8,96	10,30	10,92	8,71	9,02	+ 0,7
1.1	в т. ч. с ОССВНП	6,81	6,31	6,46	6,29	6,07	-10,9
	<i>Доля ОССВНП от общей массы БПК₅, %</i>	<i>76,0</i>	<i>61,3</i>	<i>59,2</i>	<i>72,2</i>	<i>67,3</i>	<i>-11,5</i>
2	ХПК _{Cr} , всего	41,28	42,63	42,53	44,20	44,97	+ 8,9
2.1	в т. ч. с ОССВНП	26,07	25,63	25,22	26,11	23,77	-8,8
	<i>Доля ОССВНП от общей массы ХПК_{Cr}, %</i>	<i>63,2</i>	<i>60,1</i>	<i>59,3</i>	<i>59,1</i>	<i>52,9</i>	<i>-16,3</i>
3	Взвешенные вещества, всего	14,38	14,57	15,46	15,72	15,26	+ 6,1
3.1	в т. ч. с ОССВНП	8,44	8,28	8,77	8,45	8,16	-3,3
	<i>Доля ОССВНП от общей массы взвешенных веществ, %</i>	<i>58,7</i>	<i>56,8</i>	<i>56,7</i>	<i>53,8</i>	<i>53,5</i>	<i>-8,9</i>
4	Аммоний-ион, всего	5,43	4,48	4,92	5,71	5,83	+ 7,4
4.1	в т. ч. с ОССВНП	4,98	3,92	4,53	5,22	5,07	+ 1,8
	<i>Доля ОССВНП от общей массы аммоний-иона, %</i>	<i>91,7</i>	<i>87,5</i>	<i>92,1</i>	<i>91,4</i>	<i>87,0</i>	<i>-5,2</i>
5	Азот общий, всего	9,59	9,91	9,22	9,18	9,52	-0,7
5.1	в т. ч. с ОССВНП	8,46	9,09	8,48	8,44	8,23	-2,7
	<i>Доля ОССВНП от общей массы азота общего, %</i>	<i>88,2</i>	<i>91,7</i>	<i>92,0</i>	<i>91,9</i>	<i>86,5</i>	<i>-2,0</i>
6	Фосфор общий, всего	1,46	1,39	1,41	1,35	1,23	-15,8
6.1	в т. ч. с ОССВНП	1,32	1,2	1,18	1,21	1,07	-18,9
	<i>Доля ОССВНП от общей массы фосфора общего, %</i>	<i>90,4</i>	<i>86,3</i>	<i>83,7</i>	<i>89,6</i>	<i>87,0</i>	<i>-3,8</i>

Анализ данных таблицы указывает, что за период 2018–2022 гг. основная масса загрязняющих веществ и показателей (от 52,9 % по ХПК_{Cr} до 92,1 % по азоту общему), сбрасываемых в составе сточных вод в поверхностные водные объекты приходится именно на долю организаций водопроводно-канализационного хозяйства, что связано со спецификой их хозяйственной деятельности – сбор, транспортировка и очистка сточных вод, а также конструктивными особенностями устройства централизованных систем водоотведения (канализации) населенных пунктов Республики Беларусь – большинство промышленных предприятий не имеют собственных выпусков сточных вод в поверхностные водные объекты и осуществляют отведение сточных вод в централизованные системы водоотведения (канализации) населенных пунктов.

Следует отметить, что по 4 из 6 анализируемых параметров: БПК₅, ХПК_{Cr}, взвешенным веществам и аммоний-иону в 2022 г. по отношению к 2018 г. наблюдается увеличение общей массы сброса на 0,7 %, 8,9 %, 6,1 % и 7,4 % соответственно. При этом доля массы загрязняющих веществ и показателей, сбрасываемых организациями водопроводно-канализационного хозяйства в составе сточных вод, от общей массы сброса загрязняющих веществ и показателей в поверхностные водные объекты, в 2022 г. по отношению к 2018 г. уменьшилась по всем анализируемым параметрам, что свидетельствует об эффективности

проводимых организациями водопроводно-канализационного хозяйства работ по повышению эффективности очистки сточных вод, в том числе строительству (реконструкции, модернизации) очистных сооружений сточных вод населенных пунктов.

Из представленных в таблице данных также видно, что масса загрязняющих веществ и показателей в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты с ОССВНП, в 2022 г. по отношению к 2018 г. по 5 из 6 анализируемым параметрам (БПК₅, ХПК_{стр}, взвешенным веществам, азоту общему и фосфору общему) снижается. Исключение составляет масса аммоний-иона, которая в 2022 г. по отношению к 2018 г. увеличилась на 1,8 %. При этом масса азота общего в 2022 г. по отношению к 2018 г. уменьшилась на 2,7 %.

На рис. 1 представлена динамика массы аммоний-иона и азота общего, поступающих в поверхностные водные объекты с ОССВНП за период 2018–2022 гг.

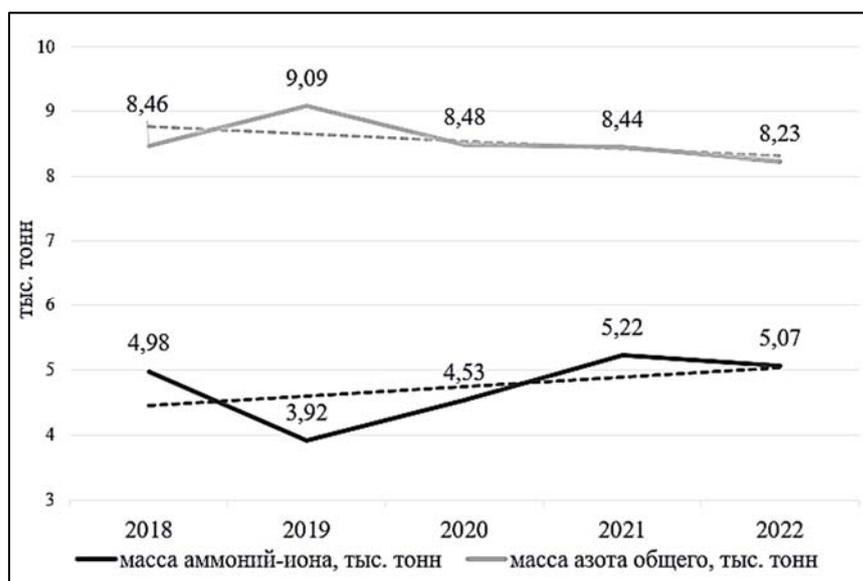


Рисунок 1 – Динамика поступления аммоний-иона и азота общего с ОССВНП в поверхностные водные объекты

Анализ динамики рассматриваемых показателей указывает, что в 2019 г. по сравнению с 2018 годом масса аммоний-иона, поступающего в поверхностные водные объекты с ОССВНП, уменьшилась с 4,98 тыс. тонн до 3,92 тыс. тонн (на 21,3 %), в то время как масса азота общего увеличилась с 8,46 тыс. тонн до 9,09 тыс. тонн (на 7,4 %). Представленная динамика 2019 г. по отношению к 2018 г. сопоставима с динамикой общей массы поступления аммоний-иона и азота общего в поверхностные водные объекты (рис. 2). Таким образом, увеличение поступления в поверхностные водные объекты азота общего и уменьшение поступления аммоний-иона вероятно связано с тем, что в составе сточных вод ОССВНП азот находился преимущественно в окисленных формах (нитрат- и нитрит-ионы).

Начиная с 2020 года наблюдается тенденция увеличения массы аммоний-иона и уменьшения массы азота общего в составе сточных вод, сбрасываемых с ОССВНП в поверхностные водные объекты см. (см. рис. 1). При этом, в соответствии с динамикой общей массы поступления аммоний-иона и азота общего в поверхностные водные объекты (см. рис. 2), наблюдается тенденция роста поступления аммоний-иона в поверхностные водные объекты при практически неизменяющейся массе азота общего, имеющей тенденцию к незначительному уменьшению.

Из рис. 1, 2 видно, что динамика поступления аммоний-иона и азота общего с ОССВНП в поверхностные водные объекты в период 2020–2022 гг. также сопоставима с динамикой общей массы поступления аммоний-иона и азота общего в поверхностные водные объекты за анализируемый период.

Учитывая вышеизложенное, а также долю аммоний-иона и азота общего, сбрасываемых с ОССВНП от общей массы аммоний-иона и азота общего, сбрасываемых в поверхностные водные объекты (табл.), можно сделать вывод, что тенденция к увеличению массы аммоний-

иона в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, формируется именно за счет его сброса с ОССВНП.

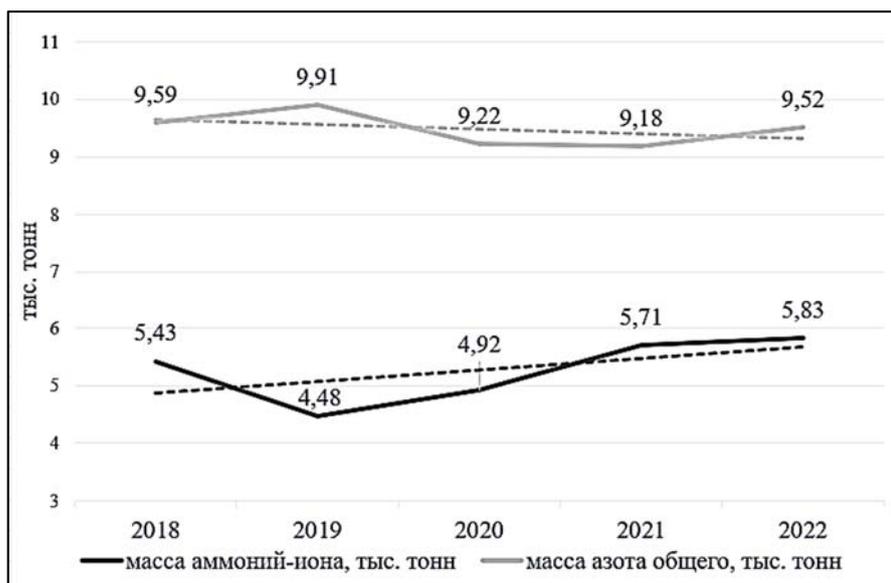


Рисунок 2 – Динамика поступления аммоний-иона и азота общего в поверхностные водные объекты

В заключение необходимо отметить, что несмотря на общую тенденцию повышения массы сброса загрязняющих веществ и показателей в поверхностные водные объекты, организациям водопроводно-канализационного хозяйства в целом удастся снизить массу сброса загрязняющих веществ и показателей за счет внедрения мероприятий, направленных на повышение эффективности очистки сточных вод на ОССВНП. Однако существующая тенденция повышения сброса аммоний-иона в поверхностные водные объекты свидетельствует о необходимости усиления работ по повышению эффективности биологической очистки сточных вод на ОССВНП. В свою очередь, повышение очистки сточных вод от аммоний-иона на ОССВНП возможно путем интенсификации удаления аммоний-иона на стадии биологической очистки в существующих условиях эксплуатации, либо путем реконструкции, модернизации ОССВНП.

Учитывая большое количество ОССВНП, подлежащих реконструкции (более 30 единиц до 2025 г. в соответствии с [3]), а также республиканский масштаб предстоящих работ, целесообразно определить наилучшие доступные технические методы для ОССВНП, и разработать единые подходы к строительству, реконструкции ОССВНП, основанные на их применении.

Список литературных источников

1. О реализации Водного кодекса Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 2 марта 2015 г., № 152 : с изменениями и дополнениями от 21 июня 2023 г. № 400 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.
2. О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод [Электронный ресурс] : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 26 мая 2017 г. № 16 : с изменениями и дополнениями от 14 июня 2021 г. № 12 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.
3. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 января 2021 г. № 50 : с изменениями и дополнениями от 2 августа 2023 г. № 508// Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.

ТИПЫ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Баскакова А.И.

Государственный Гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия,
baskakovan96@gmail.com

Представлены карты гидроморфологических типов речных русел Арктической Зоны Российской Федерации, составленные для русел средних рек. Карты демонстрируют распространение ограничивающих геоморфологических условий и их степень влияния на территории залегания многолетнемерзлых пород и могут быть полезны в условиях освоения региона в будущем.

Types of riverbed processes in the Arctic Zone

Baskakova A.

The paper presents maps of hydromorphological types of riverbeds in the Arctic Zone of the Russian Federation, composed for the beds of medium-sized rivers. The maps demonstrate the distribution of limiting geomorphological conditions and their degree of influence on the territories of permafrost deposits and may be useful in the conditions of development of the region in the future.

В условиях освоения Арктической территории России необходимость изучения природных процессов территории северных регионов все более возрастает. Распространение многолетней мерзлоты (ММП), особые климатические условия создают особую среду для рек, протекающих на территории Российской Арктики, что определяет уникальный сценарий их руслоформирования.

Учение о русловых процессах, на основе которого составлены действующие методики оценки русловых деформаций, основано на наблюдениях за реками, протекающими вне распространения многолетнемерзлых грунтов, что объясняется труднодоступностью региона. Учение о русловых процессах рек нуждается в дополнительных наблюдениях за поведением северных рек, что в наше время с развитием дистанционных методов и накоплением данных наблюдений дает качественные результаты и помогает расширить границы понимания процессов, протекающих в речных руслах.

Арктический регион характеризуется слабой теплообеспеченностью, продолжительной суровой зимой, и, как следствие, многолетней мерзлотой [1]. Многолетнемерзлые породы на Арктических территориях распространены неравномерно. На европейской территории влияние ММП ограничено, несплошное распространение многолетнемерзлых грунтов характерно для восточной части Кольского полуострова, а также прибрежной границы Северного Ледовитого океана от Архангельска на восток. На азиатской части распространение многолетнемерзлых пород гораздо значительнее, сплошная мерзлота покрывает практически всю территорию Российской Арктики и распространяется намного южнее ее границ.

На все реки, независимо от их расположения, в разной степени оказывают влияние свойства материалов, слагающих границы речного потока [2, 3]. Рельеф, геологические условия, характеры грунтов русла и бассейна реки во многом определяют ее русловый процесс, наряду с гидродинамической силой потока воды. Выделение однородных геоморфологических районов помогает изучению русловых процессов соседних рек, позволяя выявлять общие тенденции, что необходимо при практических задачах.

Ранние карты типов речных русел, составленные С.И. Пиньковским, публиковались в 1970-х гг. в Ресурсах поверхностных вод СССР [4, 5]. Более современные карты типов русловых процессов для северных регионов, основанные на гидроморфологической теории руслового процесса, публиковались в ВСН 163-83 [6] и СТО ГУ ГГИ 08.29–2009 [7]. Данные карты с методологической стороны не учитывали опыт наблюдения за русловыми процессами рек, протекающих в условиях многолетней мерзлоты.

Задача данной работы заключалась в составлении карты русловых процессов районов Арктической зоны, основанной на типизации речных русел, учитывающей особенности руслового процесса рек, протекающих в зоне распространения многолетнемерзлых пород.

Исходные данные и методики. В рамках работы для определения различных типов русловых процессов проведен анализ русел средних рек Арктической Зоны, по площади бассейна находящихся в диапазоне от 2000 км² до 50000 км², протекающих в одной гидрографической зоне и наиболее явно показывающие геоморфологические условия района. В отличие от малых рек с меньшими площадями водосбора, средние реки меньше подвержены влиянию местных факторов, отражая одновременно гидроморфологические и гидродинамические процессы. В отличие от больших рек, средние реки отражают морфологические условия изучаемого частного района без учета внешнего влияния со стороны соседних регионов.

В качестве методологической основы использована гидроморфологическая типизация русловых процессов в районе распространения многолетнемерзлых грунтов, опубликованная в СП 493.1325800.2020 [8] и являющаяся логическим продолжением гидроморфологической теории руслового процесса ГГИ [2], разработанная для многолетней мерзлоты. Типы речных русел, определяемые в рамках используемой теории, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Гидроморфологическая типизация речных русел

Тип	Название	Характерные признаки
I тип	Орографические меженные русла	В меженный период русло находится в условиях ограничивающих факторов. Русло и склоны долины сложены скальными и дисперсными породами. Чаще встречаются в верховьях рек или на малых реках. Извилистость не зависит от транспорта наносов и объясняется характером окружающего рельефа. Объем переносимых наносов незначителен, не способен оказывать влияние на форму русла, могут скапливаться в отдельных формах склонов долины
II тип	Орографические паводочные русла	В отличие от I типа, русловой процесс ограничен только в периоды высокой водности. В периоды прохождения паводков происходит активный транспорт руслоформирующих наносов в виде мезоформ паводочного русла. Эти мезоформы определяют размеры и форму меженного русла реки. Пойма отсутствует или развита локально. Русловые процессы развиваются по ленточно-рядовому, побочному, осередковому типам и по типу долинного блуждания для горных рек
III тип, 1 подтип	Русла с поймами, которые формируются в собственных аллювиальных отложениях. Слабое влияние ограничивающих факторов	Формирование поймы (пойменных массивов) происходит с некоторым ограничивающим влиянием склонов долины. Распространен преимущественно в среднем течении на участках проявления ограничивающих факторов долины. Пойма одно- или двухсторонняя, простейшего вида, неширокая. Русловые процессы развиваются по типу русловой многорукавности и по типу ограниченного меандрирования
III тип, 2 подтип	Русла с поймами, которые формируются в собственных аллювиальных отложениях. Ограничивающие факторы отсутствуют	Свободное неограниченное развитие пойменных массивов. Пойма широкая, двухсторонняя, со сложным строением. Склоны долины практически не оказывают влияние на плановое развитие излучин. В пойме часто встречаются старичные озера. Русло однурукавное или многорукавное с похожими параметрами проток

Результаты. В результате работ по определению типов русловых процессов рек Арктической зоны составлены карты-схемы для территорий Республики Коми, Ямало-Ненецкого АО, Красноярского Края и Республики Саха (рис.).

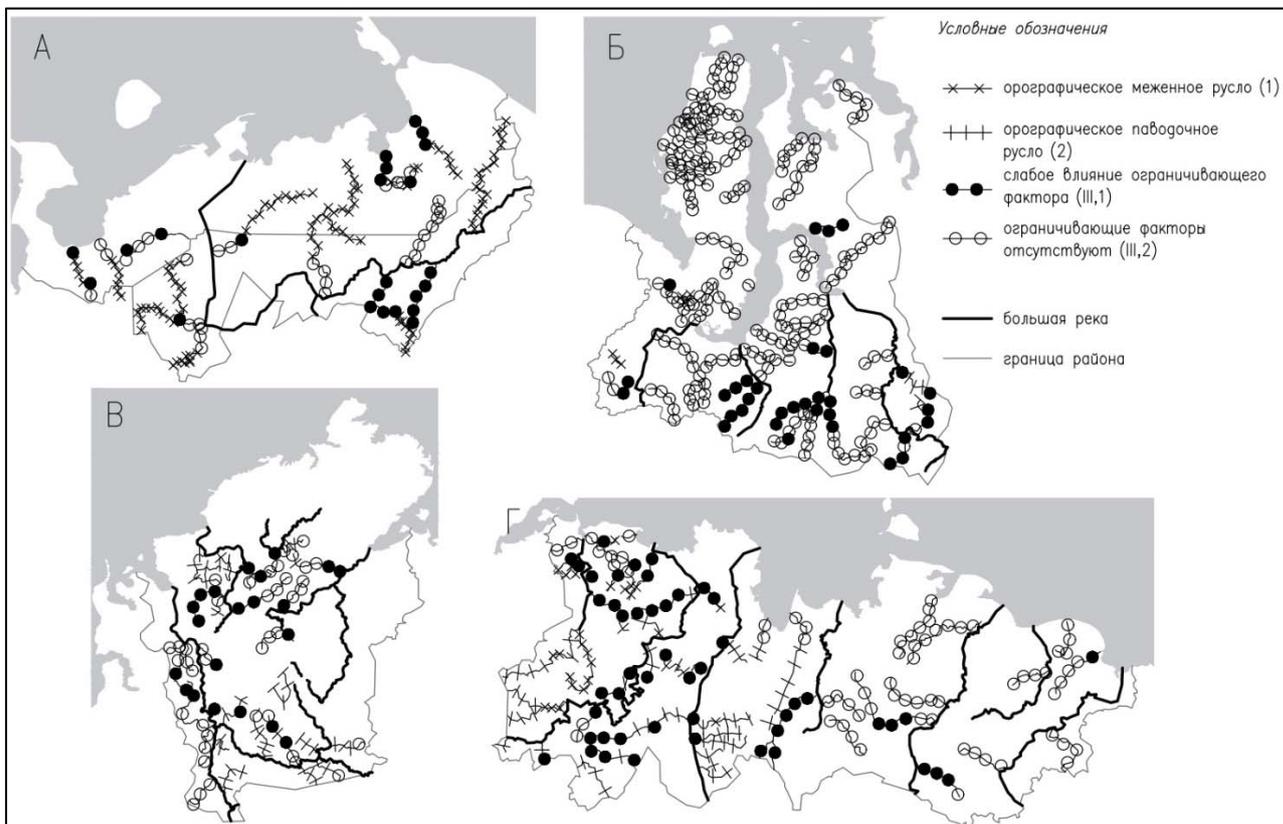


Рисунок – Типы русел районов Арктической Зоны РФ
 А – Коми, НАО; Б – ЯНАО; В – Красноярский Край; Г – Якутия

Карты-схемы наглядно показывают неоднородность распределения типов речных русел, что объясняется геоморфологическими условиями, распределением различных многолетнемерзлых пород, развитостью гидрографической сети и косвенно климатическими условиями.

Для Коми и Ненецкого АО, относящихся к Европейскому Северу, в целом характерно слабое развитие речной сети. Отмечается высокая степень проявления орографических факторов, что в регионе вызвано выходом трудноразмываемых пород докембрийских щитов. Слабое развитие сплошной мерзлоты практически не оказывает влияния на местное руслоформирование.

В Ямало-Ненецком АО наиболее часто встречаются русла, формирующиеся без участия ограничивающих факторов рельефа. Равнинный рельеф, высокая степень увлажненности и заболоченности создают особые условия для формирования русел рек, влияя на уникальные формы речных излучин, на них наблюдающихся. В данном районе ММП мерзлотные формы рельефа оказывают локальное влияние на русловой процесс рек.

Арктические районы Красноярского края в геоморфологическом отношении неоднородны, что повлияло на русловой процесс рек территории. При неравномерном развитии речной сети отмечается разнообразие типов русловых процессов, однако участков речных русел, форма которых зависит от только от геоморфологии даже в меженный период (тип I), практически не наблюдается.

В Якутии с увеличением доли равнин возрастает доля русел типа III,2. Орографические паводочные русла и русла, протекающие в среде слабого проявления ограничивающих условий, распространены в горных областях территорий Анабарского плато и Верхоянского хребта. Неограниченные русла характерны для низменностей, распространенных в Якутии вдоль берегов моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря.

Полученные карты распространения типов русел рек наглядно показывают важность учета геоморфологических и геологических условий при оценке руслового процесса, что важно при дальнейшем изучении арктических рек.

Список литературных источников

1. Исаченко, А. Г. Природа мира: ландшафты / Исаченко А. Г., Шляпников А. А. – М. : Мысль, 1989. – 504 с.
2. Кондратьев, Н. Е. Основы гидроморфологической теории руслового процесса / Н. Е. Кондратьев, И. В. Попов, Б. Ф. Снисченко. – СПб. : Изд. Гидрометеоиздат, 1982. – 273 с.
3. Попов, И. В. Методологические основы гидроморфологической теории руслового процесса : избранные труды / Попов И. В. – СПб. : Нестор-История, 2012. – 304 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л. : Гидрометеоиздат, 1972. – Т. 17 : Лено-Индигорский район. – 645 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л. : Гидрометеоиздат, 1972. – Т. 3 : Северный край. – 663 с.
6. ВСН 163-83. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). – Л. : Гидрометеоиздат, 1985.
7. СТО ГУ ГГИ 08.29–2009. Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. – СПб., 2009.

ТРАНСГРАНИЧНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Берёзко О.А., Васнёва О.В., Черевач Е.М.

Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии»,
г. Минск, Республика Беларусь, gidrogeol@geologiya.by

Представлены результаты трансграничного мониторинга подземных вод на территории Беларуси по данным наблюдений за 2023 г. Дана характеристика гидродинамического и гидрохимического режима подземных вод трансграничных территорий. Установлено, что изменение уровня и качества подземных вод обусловлено влиянием как природных (в первую очередь метеорологических), так и антропогенных (мелиорация, сельское хозяйство, коммунально-бытовые отходы) факторов. Поставлены задачи по развитию системы мониторинга трансграничных подземных вод на территории Республики Беларусь.

Transboundary groundwater monitoring in the Republic of Belarus: current status, goals and objectives

Berezko O., Vasneva O., Cherevach E.

The article presents the results of transboundary monitoring of groundwater on the territory of Belarus based on observation data for 2023. The characteristics of hydrodynamic and hydrochemical regime of groundwater in transboundary territories are given. It has been established that changes in the level regime and quality of groundwater are caused by the influence of both natural (primarily meteorological) and anthropogenic (reclamation, agriculture, municipal waste) factors. Also, tasks for the development of a monitoring system for transboundary groundwater on the territory of the Republic of Belarus have been set.

Мониторинг подземных вод представляет систему регулярных наблюдений за состоянием подземных вод по гидрогеологическим, гидрохимическим и другим показателям, оценки и прогноза его изменения в целях своевременного выявления негативных процессов, предотвращения их вредных последствий и определения эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану подземных вод.

Целью мониторинга подземных вод является оценка состояния, изучение особенностей формирования подземных вод, выявление негативных процессов, и прогнозирование их изменения, предотвращение их вредных последствий и определение эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану подземных вод.

В настоящее время на территории Республики Беларусь расположено 22 гидрогеологических поста трансграничного ранга (рис.). Пункты наблюдений по гидрогеологическим постам выбраны по следующим критериям: 1) близкое расположение до государственной границы Республики Беларусь; 2) минимальная антропогенная нагрузка; 3) наличие скважин, оборудованных на различные водоносные горизонты (комплексы), для комплексной оценки трансграничного переноса [1].

Трансграничные пункты наблюдений предназначены для осуществления наблюдений за состоянием подземных вод, данные которых используются для оценки трансграничного воздействия на окружающую среду и представляются в рамках международного сотрудничества.

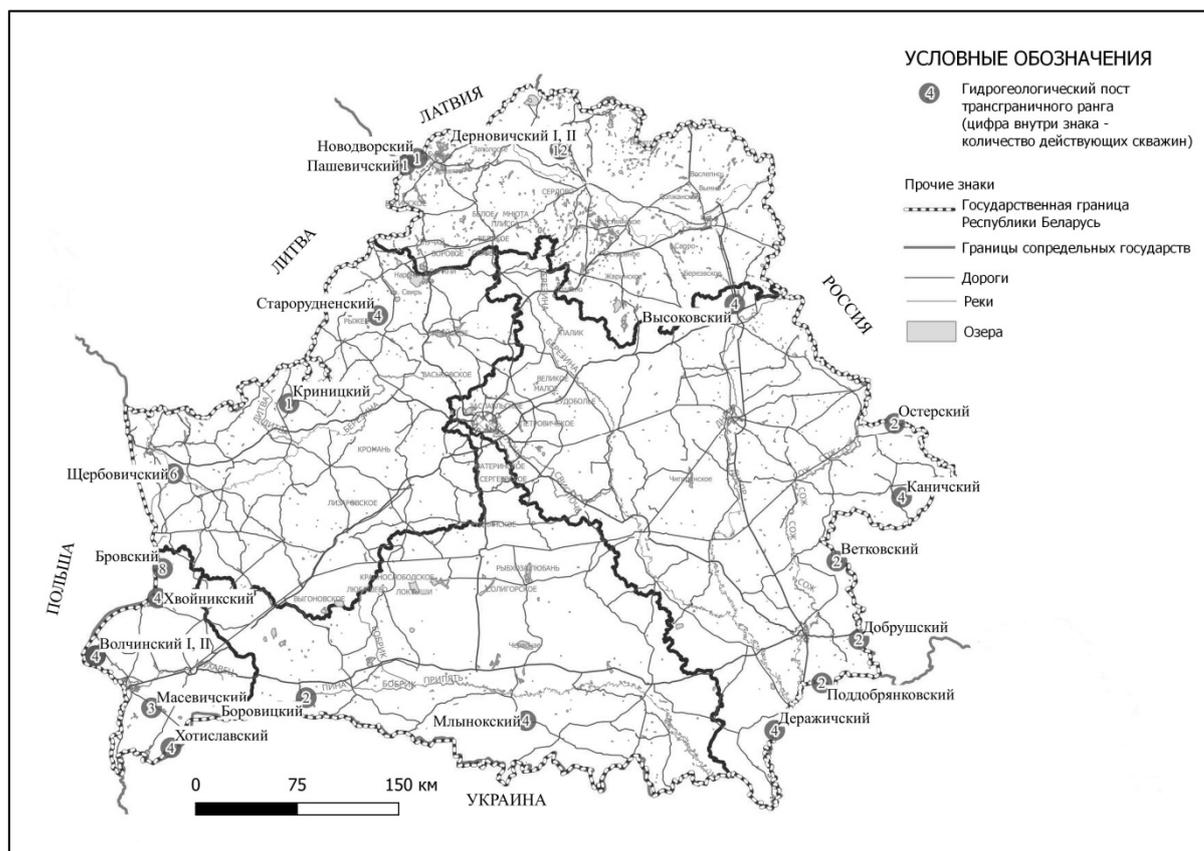


Рисунок – Карта-схема расположения трансграничных пунктов наблюдений за состоянием подземных вод на территории Республики Беларусь

На приграничной территории Республики Беларусь и Российской Федерации основными водоносными горизонтами (комплексами) являются среднесеноманский – маастрихский карбонатный горизонт, верхнедевонский терригенно-карбонатный комплекс, с преобладающим направлением стока подземных вод из России в Беларусь [2].

Существующая наблюдательная сеть на приграничной территории представлена довольно полно – 26 наблюдательных пунктов оборудованы на 10 водоносных горизонтов и комплексов, и отражает различные типы гидродинамического режима, так как пункты расположены в пределах пойм (9 пунктов наблюдений), террас (9 пунктов наблюдений) и водораздельных равнин (8 пунктов наблюдений).

Основными трансграничными водоносными горизонтами (комплексами) приграничной территории Беларуси и Украины являются палеоген-неогеновый терригенный комплекс и сеноманский карбонатно-терригенный горизонт, с преобладающим направлением стока из Беларуси в Украину, а также верхнепротерозойский терригенный комплекс с преимущественным направлением стока из Украины в Беларусь [2].

Существующая наблюдательная сеть на приграничной территории недостаточно репрезентативна по площади, так как здесь находятся гидрогеологические посты, на которых скважины оборудованы только на четвертичные отложения. Наблюдательная сеть состоит

из 14 скважин, расположенных в пределах пойм (2 пункта наблюдений), террас (9 пунктов наблюдений) и флювиогляциальных равнин (3 пункта наблюдений).

Приграничная территория Республики Беларусь и Республики Польша включает водоносные горизонты (комплексы) четвертичных отложений, палеоген-неогеновый терригенный комплекс, оксфордский и сеноманский карбонатно-терригенный горизонт, с основным направлением стока подземных вод из Беларуси в Польшу [2].

Существующая наблюдательная сеть на этой территории состоит из 25 скважин, оборудованных только на четвертичные водоносные горизонты и комплексы, и характеризуется отсутствием скважин, оборудованных на дочетвертичные отложения. Действующие в настоящее время скважины представляют несколько типов гидродинамического режима, которые находятся в пределах водораздельных равнин (18 пунктов наблюдений) и террас (7 пунктов наблюдений). Последнее обстоятельство позволяет экстраполировать результаты точечного изучения режима по площади.

На приграничной территории Беларуси и Литвы распространены водоносные горизонты (комплексы) четвертичных отложений, водоносный альбский и сеноманский карбонатно-терригенный горизонт, ордовикский и силурийский карбонатный комплекс [2], а направление стока подземных вод из Беларуси в Литву на данной территории является преобладающим.

Существующая наблюдательная сеть на приграничной территории, состоящая из 6 скважин, представлена несколькими типами гидродинамического режима, которые находятся в пределах водораздельных равнин (4 пункта наблюдений), моренной равнины (1 пункт наблюдений) и поймы (1 пункт наблюдений). В некоторых районах Беларуси (Гродненский, Щучинский, Вороновский) отсутствуют пункты наблюдений, которые позволили бы охватить больше территории для мониторинга подземных вод.

Приграничная территория Республики Беларусь и Латвийской Республики характеризуется наличием водоносных горизонтов (комплексов) четвертичных отложений, водоносного старооскольского и ланского терригенного комплекса среднего и верхнего девона, водоносного верхнедевонского терригенно-карбонатного комплекса [2], с преимущественным направлением стока подземных вод на данной территории из Беларуси в Латвию.

К сожалению, существующая наблюдательная сеть на приграничной территории не репрезентативна, так как включает всего 1 скважину, расположенную на водораздельной равнине, а пункты наблюдений, оборудованные и на водоносные горизонты дочетвертичных отложений на этой территории, отсутствуют. Также на части этой приграничной территории расположено большое количество озер, где необходимо проведение мониторинговых наблюдений.

Гидродинамический режим. На основе анализа 1303 среднемесячных значений уровня и температуры подземных вод за 2023 год выявлены сезонные изменения гидродинамического режима подземных вод трансграничных территорий. Обработка и анализ уровня режима проводились по водоносным горизонтам (комплексам) для грунтовых и напорных вод, с учетом распределения среднемесячных осадков на изучаемых территориях.

Установлено, что на всех трансграничных территориях в скважинах, оборудованных на грунтовые и напорные воды, прослеживается как понижение уровня воды в среднем на 0,2–0,65 м, так и повышение уровня воды на 0,15–1,16 м при амплитудах колебания от 0,2–2,15 м. Подъем уровня воды в скважинах зафиксирован в зимне-весенний период, а постепенный спад – в осенний, но выраженных региональных понижений уровня подземных вод (напорных и грунтовых) на трансграничных территориях не установлено, так как понижения и повышения уровней отмечаются в пределах естественных колебаний.

Источниками формирования сезонного изменения как грунтовых, так и напорных вод являются природные факторы (в первую очередь метеорологические), влияние же антропогенных факторов связано с крупномасштабной мелиорацией и активной сельскохозяйственной деятельностью [3].

Температурный режим грунтовых вод описываемых водоносных горизонтов (комплексов) приграничных территорий Республики Беларусь и сопредельных государств находился в пределах 5,5–15,0 °С, напорных вод – 5,5–12,3 °С.

Гидрохимический режим. Всего за 2023 г. проанализировано 253 значения показателей качества подземных вод по 10 скважинам на трансграничных пунктах наблюдений государственной сети за состоянием подземных вод.

Качество подземных вод на изучаемой территории, в основном соответствуют установленным требованиям по качеству воды, за исключением органолептических показателей (мутности (в 5-ти скважинах), цветности (в 2-х скважинах), окиси кремния (в 5-ти скважинах), водородного показателя (в 1-й скважине), окисляемости перманганатной (в 2-х скважинах), фосфора фосфатного (в 1-й скважине), а также по железу общему (в 9-ти скважинах), что обусловлено природными условиями формирования качества подземных вод. В скважине 649 Хвойникского г/г поста зафиксировано отклонение от нормативов по ряду показателей: жесткости общей (20,74 мг-экв/дм³ при ПДК = 7 мг-экв/дм³), сухому остатку (1508 мг/дм³ при ПДК = 1000 мг/дм³), общей минерализации (1574,2 мг/дм³ при ПДК = 1000 мг/дм³), нитрат-иону (263,2 мг/дм³ при ПДК = 45 мг/дм³). Возможно, это обусловлено глубиной залегания скважины (4,85 м), оборудованной на неглубоко залегающие, литологически незащищенные грунтовые воды, а также близким расположением сельскохозяйственных угодий, введенных в оборот.

Показатели органолептических свойств воды (мутность, цветность), величина рН, также показатели по окисляемости перманганатной, жесткости общей, окиси кремния и железу общему формируются в основном под влиянием природных гидрогеологических условий. А повышенное содержание в подземных водах азотсодержащих соединений, таких как нитрат-ионы, нитрит-ионы, аммоний-ионы, обусловлено влиянием антропогенных факторов – сельскохозяйственная распашка земель, внесение на поля минеральных и органических удобрений, складирование коммунально-бытовых отходов и т. п.

Следует отметить, что в 2022–2023 гг. на приграничной территории Республики Беларусь оборудовано 8 новых пунктов наблюдений (пробурены скважины): в Малоритском районе Брестской области – 4 скважины, в Ветковском и Добрушском районах Гомельской области (по 2 скважины соответственно). Создание и оборудование новых пунктов наблюдений, расположенных на приграничных территориях Республики Беларусь позволит получать новые данные о состоянии подземных вод и более полно представлять эту информацию на международном уровне.

Дальнейшими задачами по развитию системы мониторинга трансграничных подземных вод на территории Республики Беларусь являются:

- разработка программ совместного мониторинга трансграничных подземных вод;
- разработка единых целевых показателей качества воды сопредельных территорий;
- совершенствование сети трансграничного мониторинга подземных вод с целью предотвращения, ограничения и сокращения загрязнения, экологически обоснованного и рационального управления трансграничными водами;
- обмен информацией и доступными данными о состоянии трансграничных подземных вод.

Список литературных источников

1. Организация наблюдений за состоянием подземных вод трансграничных водоносных горизонтов (комплексов), обеспечение поэтапного формирования сети наблюдений за состоянием трансграничных подземных вод : отчет о НИР / РУП «НПЦ по геологии», рук. Васнёва О. В. – Минск, 2015. – 145 с.

2. Основы геологии Беларуси / А. С. Махнач [и др.] ; под общ. ред. А. С. Махнач [и др.] ; НАН Беларуси, Ин-т геол. наук. – Минск : Ин-т геол. наук, 2004. – 386 с.

3. Мониторинг подземных вод / О. А. Берёзко [и др.] // Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2022 г. / под общ. ред. М. И. Лемутовой ; Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». – Минск, 2023. – С. 128–167.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В НОВЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ

Болгов М.В.¹, Лобанова А.Г.²

¹ФГБУН Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия, bolgovmv@mail.ru

²ФГБУ Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия, lobanovaantonina@mail.ru

Основными задачами инженерных гидрологических расчетов являются разработка и совершенствование методов определения гидрологических характеристик, а также обеспечение хозяйственных организаций документами нормативного и рекомендательного характера по определению основных расчетных гидрологических характеристик в соответствии с законом «О техническом регулировании» [1].

Рассматривается современная ситуация, при которой региональные обобщения практически отсутствуют (не выполняются), а официальные нормативные документы отражают только обязательные требования к определению расчетных гидрологических характеристик.

Modern problems of design hydrological calculations and ways to solve them in new regulatory documents

Bolgov M., Lobanova A.

The main tasks of engineering hydrological calculations are the development and improvement of methods for determining hydrological characteristics, as well as providing business organizations with regulatory and advisory documents on determining the main design hydrological characteristics in accordance with the law "On Technical Regulation" [1].

The report examines the current situation in which regional generalizations are practically absent (not implemented), and official regulatory documents reflect only mandatory requirements for determining calculated hydrological characteristics.

Основными направлениями в области инженерных гидрологических расчетов являются разработка и совершенствование методов определения основных гидрологических характеристик, а также обеспечение хозяйственных организаций документами нормативного и рекомендательного характера по определению основных расчетных гидрологических характеристик в соответствии с законом «О техническом регулировании» [1].

При разработке и последующем издании нормативных документов для строительства Федерального уровня как для территории СССР, так и России, предусматривалось практически одновременная подготовка официальных нормативных документов так и издание рекомендательных документов по обобщению исходной гидрометеорологической информации. В рекомендательных документах («Справочники», «Руководства», «Указания», «Пособия» и другие) должна была содержаться полная гидрометеорологическая информация, обобщенная во времени и пространстве по территориям деятельности УГМС, или сразу для всей территории России, без которой использование официальных нормативных документов было практически невозможно.

Первый нормативный документ федерального уровня «Указания по определению основных гидрологических характеристик» СН-435-72 [2] был введен в действие в 1972 г. Практически одновременно было разработано «Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик», издания 1973 г. [3] и изданы капитальные многотомные монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР», обобщающие исходные данные гидрометрических наблюдений до середины 1960-х гг.

Следующий официальный нормативный документ СНиП 2.01.14-83 [4] был введен в действие в 1983 г. Практически одновременно вышло из печати «Пособие по определению основных расчетных гидрологических характеристик» [5], издания 1984 г. В этом документе были представлены результаты обобщения гидрометеорологической информации до 1975 г. с приложением «Альбома карт гидрологических характеристик и параметров расчетных схем и формул по всей территории СССР/России».

В 2003 г. вышел в свет Федеральный нормативный документ – СП 33-101-2003 [6] «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», в котором регламентировались только методы инженерных гидрологических расчетов без обобщения исходной гидрологической информации, которая на тот момент имелась по действующим и закрытым водомерным постам на территории деятельности УГМС (ЦГМС).

В развитие положений СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» разработаны рекомендации по определению основных гидрологических характеристик при наличии [7], при недостаточности [8], при отсутствии данных гидрометрических наблюдений [9] и методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным [10]. Перечисленные методические рекомендации включают как методы расчетов основных гидрологических характеристик, так и дают конкретные примеры расчета основных гидрологических характеристик.

СП 33-101-2003 в последующие годы не был включен в Перечень национальных стандартов и сводов правил Минстроя РФ и, таким образом, не имел юридического статуса, в связи с чем потребовалась разработка формально нового нормативного документа Свода правил [11], который был утвержден приказом Минстроя РФ от 11.09.2023 г.

В соответствии с правилами и рекомендациями Минстроя РФ при создании сводов правил (СП) нельзя делать ссылки на документы рекомендательного характера, поэтому новый, действующий на сегодня, нормативный документ в области инженерной гидрологии не содержит упоминаний ни о каких документах более «низкого» уровня и не ссылается на результаты региональных обобщений прошлых лет.

Отсутствие обобщений, учитывающих результаты гидрологических наблюдений за последний 40–50-летний период, а особенно при изменившейся климатической ситуации, не позволяет решать многие проблемы определения расчетных гидрологических характеристик. Надо, конечно, отметить, что такие обобщения могут проводиться только при создании соответствующих справочников по отдельным регионам РФ и должны обеспечиваться соответствующим финансированием со стороны органов государственной власти.

В действующем нормативном документе СП 529.1325800.2023 основное решение этого вопроса, особенно при недостаточности и отсутствии данных наблюдений, возлагается на проектные и изыскательские организации при проведении полевых изысканий [12]. В результате этих работ должны уточняться основные параметры расчетных схем, присущие исследуемому гидрологическому району, определяться расчетные гидрологические характеристики в створах проектирования.

Помимо проблемы обобщения гидрометеорологической информации по территории РФ имеется ряд рассмотренных в СП проблем научного характера, требующих постоянного «методического» мониторинга. К числу таких проблем относятся:

- Оценка однородности и методов расчета основных гидрологических характеристик по неоднородным данным.

- Исследования по оценке влияния возможных изменений климата на основные расчетные гидрологические характеристики.

- Совершенствование существующих нормативов расчетной обеспеченности, применяемые в практике водохозяйственного проектирования, при определении проектных расходов воды гидротехнических сооружений, определяющих пропускную способность сливного фронта плотин и, следовательно, безопасность гидротехнических сооружений.

- Гидрологическое (включая методологическое) обоснование необходимости регулярного пересчета проектных расходов воды гидротехнических сооружений, определяющих их безопасность.

- Разработка методологии оценки обеспеченности «вероятных максимальных расходов воды дождевых паводков» (ПМФ).

- Байесовские методы оценки параметров распределения, основанные на наблюдаемых значениях гидрологических характеристик и на региональных методах оценки параметров и расчетных квантилей.

Методология пространственной интерполяции гидрологических характеристик и параметров расчетных схем и формул с использованием географических информационных систем (ГИС-технологий).

Из перечисленных выше проблем несколько подробнее рассмотрим идею оценки предельного значения стока виде вероятного максимального паводка (ПМФ). Р. Хортону принадлежит «крылатое» выражение «маленький ручей не может превратиться в Миссисипи, а курица не может снести яйцо величиной с дом». Всемирная метеорологическая организация (ВМО) выпустила в последующие годы ряд методических документов [13], упорядочивающих, в известной мере, процедуры получения предельно возможных значений, и, таким образом, стало возможно получать значение стока, которое «физически» не может быть превышено.

В ГГИ под руководством А.А. Соколова было выполнено сравнение оценок ПМФ, полученных в США для ряда американских рек американскими же специалистами, и расчетных значений стока с обеспеченностью 0,01 % и гарантийной поправкой, рассчитанных для тех же водосборов, но по нормативным документам, действующим в СССР с использованием трехпараметрических распределений вероятностей. В большинстве случаев ПМФ заметно превышал квантиль распределения малой вероятности, но в некоторых случаях был меньше. То есть можно говорить о том, что методика оценки ПМФ дает оценки, не противоречащие имеющимся данным наблюдений. В отечественной гидрологической практике известны расчеты ПМФ, выполненные в ОАО «Институт Гидропроект» для разных объектов [14], расчеты, выполненные в ИВП РАН для Зейского гидроузла [15], а также положения СНиП по проектированию гидротехнических сооружений, рекомендовавшие выполнять оценку ПМФ для регионов с паводочным режимом.

С точки зрения надежности статистических оценок, получаемое предельное значение также должно учитываться как имеющее случайную ошибку его определения, то есть рассматриваться как случайная величина. Функция распределения экстремумов стока и осадков в таком случае получается на основе комбинирования двух распределений: распределения гидрологических величин, полученных по данным измерений и распределения верхнего предела, полученного исходя из оценок предельного состояния гидролого-климатической системы [16].

Положительный опыт применения ПМФ в мировой практике заслуживает его более широкого применения (апробации) и развития на территории РФ. Окончательным этапом расчета является учет предельных значений стока в традиционной схеме на основе байесовского подхода с помощью распределения вероятностей, имеющего верхний предел. В качестве верхнего предела принимается предельно возможное значение максимального стока, характеризующее ошибкой определения.

В случае обеспеченности «вероятных максимальных расходов воды дождевых паводков» экстраполяция аналитическими распределениями эмпирических данных в зону малых расчетных обеспеченностей, заменяется на более точное решение, связанное с интерполяцией аналитической кривой обеспеченности. Уточнение параметров распределения в данном случае может быть осуществлено на основании уже разработанной методологии учета исторических максимумов стока, с некоторых случаях с одновременным применением составных или усеченных кривых распределения и учетом исторических максимумов редкой повторяемости. В данном случае, исторический максимум стока устанавливается на основе архивных и других материалов, а также в соответствии с разработанной зарубежной и отечественной методологией с использованием простых и сложных математических моделей формирования максимального стока.

Список литературных источников

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ. – М., 234 с.
2. СН 435-72. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик. Госстрой СССР. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – 19 с.
3. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1973. – 112 с.

4. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М. : Государственный комитет СССР по делам строительства, 1983. – 97 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 445 с.
6. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М. : Госстрой России, 1984. – 73 с.
7. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород : Типография «Вектор-ТиС», 2007. – 134 с.
8. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. – СПб. : Ротапринт ГМЦ РФ ААНИИ. – 66 с.
9. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб. : Нестор-История, 2009. – 193 с.
10. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб. : Нестор-История, 2010. – 162 с.
11. СП 529.1325800.2023 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» : утвержден приказом Минстроя РФ от 11.09.2023 г., № 654/пр.
12. Свод правил СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 : утв. приказом Министерства строительства и жилищно- коммунального хозяйства РФ от 30 декабря 2016 г. N 1033/пр.
13. World Meteorological Organization, 2009. Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP). WMO-№. 1045. – 257 p.
14. Асарин, А. Е. О необходимости разработки методики расчета вероятного максимального паводка (РМФ) для инженерно-гидрологических расчетов в России / Асарин А. Е., Жиркевич А. Н. // Водное хозяйство России. – 2012. – № 4. – С. 1–15.
15. Оценка максимального возможного расхода воды р. Зеи в створе Зейской ГЭС / М. В. Болгов [и др.] // География и природные ресурсы. – 2020. – № 4. – С. 162–169.
16. Об учете оценок предельных значений стока при построении функции распределения максимальных расходов воды / Болгов М. В. [и др.] // Гидротехническое строительство, издательство Энергопрогресс. – 2019. – № 1. – С. 23–28.

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАМКАХ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛАРУСИ

Водейко М.В., Цубленок Д.В., Громадская Е.И.

*Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск,
Республика Беларусь, orv@cricuwr.by*

Статья содержит алгоритм и основные результаты проведения полевых работ в рамках инвентаризации поверхностных водных объектов Республики Беларусь за период 2017–2023 гг.

Field conditions as part of the inventory of surface water bodies in Belarus

Wodeyko M., Tsublenok D., Hramadskaya A.

The article contains the algorithm and main results of field work as part of the inventory of surface water objects of the Republic of Belarus for the period 2017–2023.

Объектами исследования в рамках инвентаризации являются поверхностные водные объекты (водотоки, водоёмы и родники) основных пяти бассейнов рек Беларуси: Днепр, Западная Двина, Западный Буг, Неман, Припять.

Основными этапами проведения работ по инвентаризации поверхностных водных объектов являются: подготовительные работы (сбор, систематизация, анализ данных о поверхностных водных объектах; верификация местоположения поверхностных водных объектов с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и разработка пространственных данных в виде тематических слоев геоинформационной системы (ГИС)), полевые работы (поиск и подтверждение на местности наличия поверхностного водного объекта или его отсутствия путем определения признаков их гидрологического режима, определение площади поверхности воды для водоемов, определение географических координат поверхностного водного объекта), камеральные работы (обобщение и анализ результатов полевых работ, составление перечня поверхностных водных объектов, актуализация пространственных данных (границ поверхностных водных объектов, прошедших инвентаризацию)).

Ключевым инструментом инвентаризации поверхностных водных объектов, используемым на всех этапах выполнения работ, является программный продукт ГИС с открытым кодом – QGIS 3.4 Madeira (QGIS) [1]. Отличительным преимуществом данной инвентаризации от ранее проводившихся аналогичных работ является разработка слоев ГИС (оцифровка) водных объектов.

В соответствии с Инструкцией о порядке инвентаризации поверхностных водных объектов и использования ее результатов, утвержденной постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28 октября 2022 г. № 53 полевыми работами инвентаризации поверхностных водных объектов должны охватываться не менее 30 % от количества водоемов, водотоков и родников, подлежащих инвентаризации, отдавая приоритет поверхностным водным объектам, наиболее подверженным негативному воздействию изменения климата (малые реки, ручьи, озера), а также поверхностным водным объектам, требующим уточнения их классификации и параметров (в связи с имеющимися разночтениями данных справочно-информационных фондов, картографических и тематических материалов, данных земельно-информационной системы Республики Беларусь, данных лесоустройства).

При обследовании водных объектов на местности используются следующие критерии: водный объект подтвержден – местоположение водного объекта подтверждено на местности, отмечено наличие воды в водном объекте;

водный объект идентифицирован – местоположение водного объекта согласно картографическим данным (растр, ДЗЗ) идентифицировано, на момент обследования вода в водном объекте отсутствовала;

водный объект отсутствует – водный объект не идентифицирован на местности согласно картографическим данным (растр, ДЗЗ).

В ходе полевых работ по инвентаризации поверхностных водных объектов для водотоков на местности проводятся следующие исследования:

1. Определение координат места обследования водотока.
2. Определение ближайшего населенного пункта.
3. Определение скорости течения воды, м/с.
4. Описание берегоукрепления водотока.
5. Описание береговой линии водотока (естественное состояние/измененное).
6. Описание прибрежной полосы (естественное состояние/измененное).
7. Описание поймы водотока (естественное состояние (лес) / измененное (поле, населенный пункт и т. д.)).
8. Определение характера течения воды.
9. Описание гидротехнических сооружений (при наличии).
10. Определение изменений уровня воды (снижение/затопление).
11. Фотосъемка водотока в месте его обследования.



руч. без названия у н. п. Красный Камень
н. п. Красный Камень, Добрушский район;
координаты 52.2620251 31.5657359;
русло не спрямлено;
скорость течения – 0,0001 м/с;
берегоукрепление отсутствует;
береговая линия в естественном состоянии;
прибрежная зона обкошена;
пойма измененная (с обеих сторон поле);
ГТС – отсутствует;
заметное снижение уровня воды.

Рисунок 1 – Пример описания водотока в ходе полевых работ

В ходе полевых работ по инвентаризации поверхностных водных объектов *для водоемов* на местности проводятся следующие исследования:

- 1) определение географических координат водоема;
- 2) определение ближайшего населенного пункта;
- 3) описание берегоукрепления водоема;
- 4) описание береговой линии водоема (естественное состояние/измененное);
- 5) описание прибрежной полосы (естественное состояние/измененное);
- 6) описание поймы водоема (естественное состояние (лес) / измененное (поле, населенный пункт и т. д.));
- 7) описание гидротехнических сооружений (при наличии);
- 8) фотосъемка водоема в месте его обследования.



оз. без названия у н. п. Зеленый Дуб;
н.п. Зеленый Дуб, Рогачевский район;
координаты 53.038812, 29.884432;
берегоукрепление отсутствует;
береговая линия обкошена;
прибрежная зона обкошена;
пойма измененная (с обеих сторон поле);
ГТС – отсутствует.

Рисунок 2 – Пример описания водоема в ходе полевых работ

В ходе полевых работ по инвентаризации поверхностных водных объектов *для родников* на местности проводятся следующие исследования:

- 1) определение координат выхода подземных вод на поверхность земли;
- 2) определение ближайшего населенного пункта;
- 3) описание обустроенности родника (благоустроен (родник находится на территории церкви, костела / имеется купель), обустроен (бетонное кольцо, колодец, труба и т. д.), естественное состояние (родник не оборудован, находится в естественных условиях);
- 4) фотосъемка родника в месте его обследования.



род. Свято-Троицкий,
н. п. Свержень, Рогачевский район,
координаты 53.134619, 30.341755;
благоустроен.

Рисунок 3 – Пример описания родника в ходе полевых работ

По результатам полевых работ уточняются следующие перечни объектов: перечень поверхностных водных объектов, для которых изменены сведения о классификации («канал» на «ручей», «ручей» на «канал», «канал» на «река»), перечень не подтвержденных поверхностных водных объектов и перечень прошедших инвентаризацию поверхностных водных объектов.

В период 2017–2023 гг. в рамках инвентаризации обследовано на местности в ходе полевых работ 1684 поверхностных водных объекта на территории Республики Беларусь. Согласно предварительным результатам проведенных полевых работ установлено, что в бассейне р. Припять (исследованном в 2017, 2018, 2020, 2021 гг.) 25 % обследованных поверхностных водных объектов имеют частично или полностью пересохшее русло. В бассейне р. Неман (исследованном в 2019, 2022 гг.) 21 % обследованных поверхностных водных объектов также имели частично или полностью пересохшее русло. В бассейне р. Днепр на территории Могилевской и Гомельской областей (исследованном в 2018, 2019, 2020, 2023 гг.) процент обследованных поверхностных водных объектов, имевших частично или полностью пересохшее русло, составил 12 %.

Данные результаты являются следствием влияния однонаправленных процессов антропогенных и климатических. В южной части республики, в Белорусском Полесье (южная часть Брестской, Гомельской областей), на протяжении многих лет наблюдается снижение речного стока практически во все сезоны. При этом данный регион наиболее подвержен изменениям гидрографической сети в связи с проведенной масштабной мелиорацией. Значительное количество водотоков спрямлены, канализованы, находятся в составе мелиоративных систем, что влечет за собой постоянные и необратимые изменения гидроморфологических и гидрологических характеристик водотоков и, как следствие, изменение экосистемы в целом.

В наиболее уязвимом положении оказываются, прежде всего, экосистемы малых рек, ручьев, расположенные вблизи крупных населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, промышленных предприятий. Сельскохозяйственные земли являются главным рассредоточенным источником загрязнения поверхностных водных объектов. А также фактором, оказывающим влияние на изменение естественных морфологических характеристик водотоков, что влечет за собой ухудшение состояния водных и прибрежных экосистем [2].

Спряменение русел рек приводит к увеличению уклонов. В результате чего ускоряется течение рек, развиваются вертикальные деформации, снижаются абсолютные отметки русел и уровней воды. Как следствие, наблюдается интенсивная трансформация водосборных бассейнов с изменением их водных режимов, водного баланса и условий увлажненности территории Республики Беларусь.

Малые реки постоянно испытывают на себе активную антропогенную нагрузку, которая формируется за счет водопотребления и водоотведения, а также попадания в поверхностные водные объекты недостаточно очищенных сточных вод [3].

С учетом имеющейся задачи по сохранению водных ресурсов страны с природном (естественном) состоянии, а также предотвращению их загрязнения и истощения Национальной стратегией управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 г. предусмотрены задачи, выполнение которых направлено на обеспечение рационального использования и эффективного управления водными ресурсами, к числу которых относится инвентаризация поверхностных водных объектов.

Таким образом, полученные в ходе выполнения полевых работ инвентаризации поверхностных водных объектов сведения используются для наполнения раздела «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» государственного водного кадастра [4].

Актуализация сведений о поверхностных водных объектах на территории Республики Беларусь с указанием классификации, а также их визуальное представление в ГИС являются своевременными и важными задачами, решение которых способствует эффективному и рациональному управлению водными ресурсами.

Список литературных источников

1. Свободная географическая информационная система с открытым кодом QGIS [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.qgis.org/ru/site/>.
2. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года, утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22 февраля 2022 года № 91 [Электронный ресурс] // Минприроды. – 2024. – Режим доступа: https://www.minpriroda.gov.by/ru/new_url_1649710582-ru/.
3. Макаревич, А. А. Речной сток и русловые процессы : пособие / А. А. Макаревич, А. Е. Яротов.
4. Информационная система Государственного водного кадастра Беларуси [Информационный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <http://178.172.161.32:8081>.

АСИНХРОННОСТЬ В КОЛЕБАНИЯХ СТОКА БЕЛОРУСКОГО ПООЗЕРЬЯ И ПОЛЕСЬЯ

Волчек А.А.

*Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь,
Volchak@tut.by*

Исследован режим колебаний различных видов стока рек Белорусского Полесья и Белорусского Поозерья за период с 1877 по 2020 г. С помощью коэффициентов корреляции и асинхронности дана количественная оценка синхронности в формирования стока рек этих регионов.

Asynchrony in runoff fluctuations in the Belarusian Poozerie and Polesie

Volchak A.

The regime of fluctuations in various types of river flow in the Belarusian Polesie and Belarusian Poozerie for the period from 1877 to 2020 was studied. Using correlation coefficients and asynchrony, a quantitative assessment of the synchronicity in the formation of river runoff in these regions is given.

В силу того, что водным ресурсам присущи значительные пространственно-временные колебания, дать объективную их количественную оценку, особенно для больших территорий является одной из важных задач водного хозяйства.

Целью настоящей работы – дать количественную оценку асинхронности в колебаниях водности рек Поозерья и Полесья для характерных видов стока за различные периоды.

Исходными данными послужили материалы наблюдений республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за стоком основной реки Белорусского Полесья р. Припять в створе г. Мозырь и р. Западная Двина в створе г. Витебск протекающей по Белорусскому Поозерью за период с 1877 по 2020 г., то есть 144 года. В исследовании использованы среднегодовые расходы, максимальные расходы весеннего половодья, минимальные расходы воды открытого русла и минимальные зимние расходы воды.

Системный анализ накопленной за длительный период гидрологической информации позволил выявить закономерности пространственно-временных колебаний водных ресурсов, вызванных их стохастической природой, и объективно оценить их количественные характеристики, с помощью совместного использования коэффициентов асинхронности, корреляции, также изменение обеспеченностей стока по территории.

Методика оценки эффекта асинхронности в колебания стока рек построена на совместном анализе ранжированных суммарных хронологических и равнообеспеченных временных рядов модульных коэффициентов речного стока и подробно описана в [1].

Построение кривой обеспеченности суммарного равнообеспеченного ряда модульные коэффициенты осуществляется путем ранжирования исходных модульных коэффициентов в убывающем порядке с последующим их суммированием, то есть:

$$K_{xp}(P) = Q_{i,j} / Q_{cp,j} + Q_{i,k} / Q_{cp,k}, \quad (1)$$

где $Q_{i,j}; Q_{i,k}$ – значение расходов воды j и k реки за i -й год; $Q_{cp,j}; Q_{cp,k}$ – средние значения расходов воды за расчетный период j и k реки соответственно.

В зависимости от места, занимаемого каждым членом такого суммарного убывающего ряда, ему присваивается соответствующая обеспеченность, рассчитываемая как:

$$P = m / (n + 1) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где m – номер члена в ранжированном ряду; n – количество членов ряда.

Построение кривой обеспеченности суммарного хронологического ряда осуществлялось путем суммирования модульных коэффициентов в двух створах речного стока за соответствующие годы в хронологическом порядке, с последующим их ранжированием в убывающем порядке. Равнообеспеченные ряды получаются путем суммирования, то есть:

$$K_{po}(P) = Q_{P,j} / Q_{cp,j} + Q_{P,k} / Q_{cp,k}, \quad (3)$$

где $Q_{P,j}; Q_{P,k}$ – значение расходов воды j и k реки равных обеспеченностей.

Коэффициент асинхронности P -й обеспеченности определяется как:

$$K_{ac}(P) = K_{xp}(P) / K_{po}(P). \quad (4)$$

При совместной оценке водных ресурсов двух рек учет асинхронности в их формировании стока осуществляется по зависимости:

$$Q_j(P) = K_{ac}(P) \cdot Q_k(P), \quad (5)$$

где $Q_j(P), Q_k(P)$ – расход воды j -й и k -й реки равной обеспеченности.

Предварительный анализ исходной гидрологической информации включал в себе восстановление пропущенных значений стока за отдельные годы, статистический анализ временных рядов на однородность с помощью программного комплекса «Гидролог-2 по методикам, приведенным в [2, 3, 4]. Исходные временные ряды расходов воды исследуемых рек разбиты на отдельные отрезки для анализа влияния на асинхронность в колебаниях различных воздействий на сток рек. Сравнение периода с условно естественным водным режимом (1877–1965 гг.) и период антропогенных воздействия в виде крупномасштабных мелиораций и современного потепления климата (1966–2020 гг.). В свою очередь последний период разбит на два интервала: 1966–1986 гг. – период массовых мелиораций и 1987–2020 гг. – современных климатических изменений. Кроме того, отдельно анализировались ряды наблюдений за последние 50 лет (1971–2020 гг.), то есть расчетный период, рекомендуемый для определения статистических характеристик и построения математических

моделей прогнозирования стока рек Беларуси. Для выделенных расчетных периодов определены основные статистические характеристики (среднегодовые расходы воды ($Q_{\text{ср}}$, м³/с); коэффициенты вариации (C_v), а также параметры линейных трендов (ΔQ ·м³/с/10 лет); коэффициенты корреляции линейных трендов) (табл. 1) [5].

Таблица 1 – Статистические характеристики гидрологических параметров р. Припять в створе г. Мозырь (числитель) и р. Западная Двина в створе г. Витебск (знаменатель)

Период Параметры	1877–2020 гг. (144 года)	1877–1986 гг. (110 лет)	1987–2020 гг. (34 года)	1971–2020 гг. (50 лет)
<i>Средний годовой</i>				
$Q_{\text{ср}}$, м ³ /с	394/226	387/221	418/242	432/228
C_v	0,31/0,27	0,31/0,27	0,29/0,27	0,29/0,27
ΔQ ·м ³ /с/10 лет	3,27/-0,06	2,20/0,08	-6,42/-3,66	-15,8/-0,33
r	0,11/-0,01	0,06/0,01	-0,05/-0,15	-0,18/-0,02
% от $Q_{\text{ср}}$.	0,83/-0,03	0,57/0,04	-1,54/-1,51	-3,65/-0,14
<i>Максимальный весеннего половодья</i>				
$Q_{\text{ср}}$, м ³ /с	1560/1520	1760/1610	1050/1200	1270/1230
C_v	0,72/0,36	0,70/0,33	0,58/0,37	0,68/0,34
ΔQ ·м ³ /с/10 лет	-75,2/-35,8	-51,9/-16,4	106,2/-15,3	-169,7/-49,5
r	-0,27/-0,35	-0,13/-0,12	0,20/-0,09	-0,29/-0,34
% от $Q_{\text{ср}}$.	-4,70/-2,36	-2,95/-1,02	10,1/-1,27	-13,4/-4,03
<i>Минимальный летне-осенний</i>				
$Q_{\text{ср}}$, м ³ /с	155/52,2	149/51,4	174/55,0	183/51,5
C_v	0,47/0,41	0,48/0,42	0,41/0,37	0,39/0,34
ΔQ ·м ³ /с/10 лет	2,70/0,19	2,34/-0,12	-21,3/-3,60	-13,9/-0,93
r	0,15/0,06	0,10/-0,03	-0,28/-0,26	-0,28/-0,11
% от $Q_{\text{ср}}$.	1,75/0,36	1,57/-0,23	-12,2/-6,54	-7,58/-1,81
<i>Минимальный зимний</i>				
$Q_{\text{ср}}$, м ³ /с	155/53,2	136/47,8	221/72,0	225/64,2
C_v	0,68/0,48	0,75/0,43	0,42/0,43	0,59/0,45
ΔQ ·м ³ /с/10 лет	10,6/1,41	8,54/0,79	27,5/3,30	2,70/2,56
r	0,41/0,40	0,27/0,20	0,28/0,19	0,03/0,23
% от $Q_{\text{ср}}$.	6,82/2,65	6,27/1,65	12,4/4,58	1,20/3,99

Выделены статистически значимые величины.

На первом этапе выполнены расчеты обеспеченности расходов воды по рассматриваемым видам стока и рекам по формуле (1). В качестве примера в табл. 2 приведены значения расходов воды за конкретные годы и их обеспеченности для отдельных лет (начало, середины и окончание расчетных периодов). Как видно из табл. 2, наблюдается широкий разброс обеспеченностей как по годам, так и по видам стока. Поэтому при оценке водных ресурсов больших территорий необходимо учитывать асинхронность в их формировании.

Таблица 2 – Расход воды (м³/с) и обеспеченность (%) стока рек за отдельные годы

Год	Вид стока							
	средне-годовой	максимальный половодья	минимальный		средне-годовой	максимальный половодья	минимальный	
			летне-осенний	зимний			летне-осенний	зимний
	Припять – Мозырь				Западная Двина – Витебск			
1877	619/5,5	7 500/0,7	122/59,3	117/57,9	336/6,9	1 850/25,5	78,2/10,3	34,5/75,2
1921	166/98,6	477/91,7	68,4/94,5	37,5/98,6	100/98,6	758/91,7	27,3/93,1	15,0/97,2
1949	279/82,1	930/69,0	111/67,6	112/60,7	196/67,6	1 410/51,0	63,8/24,8	49,2/49,7
1965	378/53,8	1 560/37,9	178/30,3	150/36,6	172/80,7	1 820/28,3	48,8/45,5	27,9/88,3
1966	450/29,7	3 090/10,3	109/69,0	103/65,5	223/44,8	2 090/15,2	42,8/62,8	37,3/73,1
1971	552/11,7	2 340/16,6	168/35,9	446/2,1	172/81,4	1 400/52,4	43,2/60,0	48,7/51,0
1975	640/4,1	2 051/21,4	202/19,3	852/0,7	209/54,5	1 310/62,1	37,9/71,7	85,2/11,0
1986	300/78,9	998/64,8	126/57,9	146/40,7	277/17,9	2 000/18,6	47,0/48,3	60,8/31,7
1987	247/89,0	847/75,2	144/49,7	92,5/73,1	323/9,7	1 430/49,0	97,0/6,2	45,6/60,0
1995	345/61,4	746/80,0	96,4/79,3	195/24,8	245/31,7	1 190/69,0	47,5/47,6	62,7/28,3
2004	382/51,7	1 140/59,3	164/40,0	166/33,1	244/34,5	2 040/17,2	52,3/39,3	131/1,4
2020	189/96,6	286/98,6	107/69,7	142/44,1	171/82,8	567/98,6	39,2/66,9	109/5,5

Корреляционный анализ стока исследуемых рек показал существенную асинхронность в их формировании за рассматриваемый период в целом (табл. 3). Большая асинхронность имела место для интервала 1877–1965 гг. по сравнению с интервалом 1987–2020 гг., то есть в период массовых мелиораций и современного потепления климата. Крупномасштабные мелиорации в Белорусском Полесье привели к увеличению густоты речной сети и приближению ее к среднему значению по стране. Современные климатические колебания внесли существенные изменения в структуру стока. Рост температуры в зимний период вызвал частые оттепели, что привело к увеличению минимальных зимних расходов, что в свою очередь привело к повсеместному снижению максимальных расходов воды весеннего половодья. Среднегодовой сток особых изменений не претерпел. Рост минимальных летне-осенних расходов воды наблюдается на водосборах со значительными мелиорированными площадями [5].

Таблица 3 – Матрица коэффициентов корреляции стока р. Западная Двина – Витебск и Припять – Мозырь

Период	Вид стока			
	средне-годовой	максимальный половодья	минимальный	
			летне-осенний	зимний
1877–2020	0,33	0,48	0,28	0,52
1877–1965	0,36	0,42	0,32	0,44
1966–1986	0,28	0,52	0,19	0,73
1987–2020	0,43	0,49	0,41	0,49
1971–2020	0,33	0,39	0,32	0,43

В качестве примера на рисунке представлена зависимость коэффициентов асинхронности среднегодового стока р. Западная Двина – Витебск и Припять – Мозырь. Как видно из рисунка, минимальные значения коэффициентов асинхронности наблюдаются для очень многоводных ($P < 5\%$) лет, а максимальные для маловодных ($P > 95\%$) лет. При этих обеспеченностях коэффициенты асинхронности имеют максимальные отклонения от единицы. При обеспеченностях $P < 3\%$ и $P > 97\%$ коэффициенты асинхронности стремятся к единице. Величина отклонения коэффициентов асинхронности от единицы, по абсолютной величине, для маловодных лет больше, чем для многоводных. В первом случае основной фактор формирования стока определяется геологическим строением водосбором рек. В многоводные годы главным фактором в формировании стока выступают климатические факто-

ры. Для многоводных лет $K_{ac} < 1$, то есть вероятность синхронного формирования максимальных среднегодовых расходов воды на реках меньше и слабо зависит от направления. Для максимальных расходов весеннего половодья асинхронность более выражена в долготном направлении.

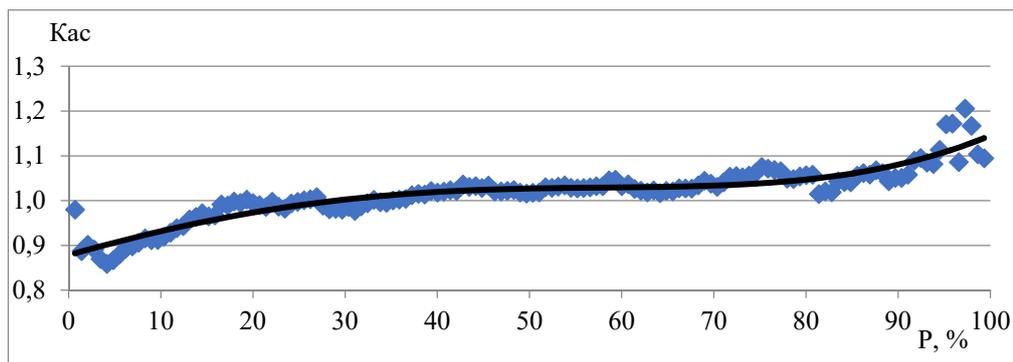


Рисунок – Связь коэффициентов асинхронности среднегодового стока р. Западная Двина – Витебск и Припять – Мозырь

В табл. 4 приведены значения асинхронности между стоком р. Припять в створе г. Мозырь и Западной Двиной в створе г. Витебск.

Таблица 4 – Матрица коэффициентов асинхронности стока р. Западная Двина – Витебск и Припять – Мозырь

Обеспеченность, %	Вид стока			
	среднегодовой	максимальный половодья	минимальный	
			летне-осенний	зимний
$K_{ac}(P_5 \%)$	0,87	0,96	0,90	0,97
$K_{ac}(P_{25} \%)$	0,99	0,99	0,99	0,98
$K_{ac}(P_{75} \%)$	1,07	1,05	1,06	1,09
$K_{ac}(P_{95} \%)$	1,16	1,17	1,12	1,27

Таким образом, полученные результаты показали, что асинхронность в формировании стока рек Белорусского Полесья и Поозерья существенная и ее необходимо учитывать при оценке водных ресурсов для маловодных и многоводных лет для всех видов стока.

Список литературных источников

1. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Мн. : Тонпик, 2006. – 160 с.
2. Статистические методы в природопользовании : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Е. Валуев [и др.]. – Брест : Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.
3. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учебное пособие / А. А. Волчек. – М. : КНОРУС, 2021. – 418 с.
4. Волчек, А. А. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2009. – № 1. – С. 22–30.
5. Волчек, А. А. Водные ресурсы Беларуси и экологические риски / А. А. Волчек // Вопросы географии / Русское географическое общество. – Сб. 157. Водные проблемы и их решение / В. М. Котляков [и др.]. – М. : Медиа-ПРЕСС, 2023. – С. 81–104.
6. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчек, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНОГО (ФОНОВОГО) СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ (ЖЕЛЕЗО ОБЩЕЕ, МАРГАНЕЦ, МЕДЬ, ЦИНК) В ВОДАХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Денищик А.И., Голод Ю.В.

Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь, golod@cricuwr.by

Изучены подходы к установлению предельно допустимых концентраций металлов (железо общее, марганец, медь, цинк) в водах поверхностных водных объектов Республики Беларусь, а также сопредельных стран. Проведен качественный анализ природного (фоновое) содержания металлов (железо общее, марганец, медь, цинк) в водах поверхностных водных объектов.

Qualitative analysis of the natural (background) metal content (total iron, manganese, copper, zinc) in the waters of surface water object of the Republic of Belarus

Denischik A., Golod Y.

Approaches to the establishment of maximum permissible concentrations of metals (total iron, manganese, copper, zinc) in the waters of surface water bodies of the Republic of Belarus, as well as neighboring countries, have been studied. A qualitative analysis of the natural (background) metal content (total iron, manganese, copper, zinc) in the waters of surface water bodies was carried out.

Республика Беларусь богата водными ресурсами благодаря своему уникальному географическому положению и разнообразию природных условий. Страна располагает обширной сетью рек, озер, болот и водоемов, которые играют важную роль в экосистеме. Сохранение состояния водных объектов является важной задачей, требующей комплексного подхода и принятия конкретных мер для охраны и устойчивого использования водных ресурсов.

В соответствии с Национальной стратегией управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 г. одной из целей ее реализации является улучшение экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов с предупреждением их загрязнения, засорения и истощения [1].

Состояние (статус) водных объектов определяется как отличное, хорошее, удовлетворительное, плохое и очень плохое и устанавливается на основании гидробиологических показателей с использованием гидрохимических и гидроморфологических показателей [2].

Экологическое состояние поверхностных водных объектов оценивается по результатам мониторинга поверхностных вод, проводимого в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, по гидрохимическим показателям в 297 пунктах наблюдений, расположенных на 160 поверхностных водных объектах, по гидробиологическим показателям в 254 пунктах наблюдений, расположенных на 148 поверхностных водных объектах, по гидробиологическим показателям 254 пунктах наблюдений, расположенных на 148 поверхностных водных объектах [3].

В целях обеспечения благоприятных условий воспроизводства водных биологических ресурсов и безопасности продукции из них для поверхностных водных объектов установлены нормативы качества воды поверхностных водных объектов. В соответствии со статьей 21 Водного кодекса Республики Беларусь [2] нормативы качества воды поверхностных водных объектов устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 30.03.2015 № 13 «Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов» (далее – постановление Минприроды № 13) утверждены нормативы качества воды поверхностных водных объектов, к которым относятся показатели качества воды поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных и иных поверхностных водных объектов, а также предельно допустимые концентрации (далее – ПДК) химических и иных веществ в

воде поверхностных водных объектов [4]. Постановлением Минприроды № 13 предусмотрен дифференцированный подход к установлению ПДК по металлам (железо общее, марганец, медь и цинка) для водотоков и водоемов Республики Беларусь: для водотоков ПДК установлены в зависимости от принадлежности к бассейнам рек (Днепр, Западный Буг, Западная Двина, Неман, Припять), для водоемов установлены единые ПДК (вне зависимости от принадлежности к бассейнам рек).

Проведенный анализ законодательства сопредельных стран (Российская Федерация, Украина, Республика Польша, Латвийская Республика, Литовская Республика) показал разный подход к установлению ПДК загрязняющих веществ в водах поверхностных водных объектов. В Российской Федерации, Украине, Литовской Республике установлены единые ПДК по рассматриваемым металлам для всех водных объектов. В Республике Польша ПДК установлены в зависимости от категории и класса качества поверхностного водного объекта, но для специфических загрязняющих веществ установлены единые ПДК для всех категорий водных объектов. В Латвийской Республике ПДК установлены отдельно для внутренних поверхностных водных объектов (водотоки и водоемы) и прочих поверхностных водных объектов (переходные и прибрежные воды). Кроме этого, в Латвийской Республике, Литовской Республике и Республике Польша не установлены ПДК железа общего и марганца.

Сводные данные о ПДК металлов, установленных в рассматриваемых странах представлены в табл.

Таблица – Сводные данные о ПДК металлов, установленных в рассматриваемых странах

№ п/п	Страна	Предельно допустимая концентрация, мг/дм ³			
		железо общее	марганец	медь	цинк
1	Республика Беларусь	0,175–0,515	0,028–0,04	0,0038–0,0045	0,012–0,03
2	Российская Федерация	0,1	0,01	0,001	0,01
3	Украина	0,3	0,1	1,0	1,0
4	Республика Польша	–	–	0,01	0,1
5	Латвийская Республика	–	–	0,009	0,12
6	Литовская Республика	–	–	0,5	0,4

Проведенный РУП «ЦНИИКИВР» анализ качественного состава воды поверхностных водных объектов различных бассейнов рек в фоновых створах показал, что даже на участках рек, которые не подвержены антропогенному воздействию, природное фоновое содержание металлов, таких как железо общее, марганец, медь, цинк значительно превышает их ПДК.

В связи с вышеизложенным была проведена научно-исследовательская работа, которая позволила на основании имеющегося у Белгидромет ряда наблюдений качества воды в водотоках исследуемых бассейнов рек установить соответствующие закономерности регионального изменения концентраций железа общего, марганца, меди, цинка за десятилетний период в разрезе речных бассейнов и уточнить предельно допустимые концентрации железа общего, марганца, меди, цинка в водотоках и водоемах бассейнов рек Днепр, Западный Буг, Западная Двина, Неман, Припять.

Анализ данных концентраций металлов в водных объектах 5 бассейнов рек проведен по железу общему для 151 водотока и 73 водоемов, по марганцу для 91 водотока и 73 водоемов, по меди для 113 водотоков 73 водоемов, по цинку для 111 водотоков и 73 водоемов.

По результатам анализа обобщенных первичных данных мониторинга поверхностных вод и локального мониторинга за рассматриваемый период по содержанию железа общего, марганца, меди, цинка в водотоках бассейнов р. Днепр, Западный Буг, Западная Двина, Неман, Припять выявлено следующее.

Для водотоков и водоемов бассейнов рек Республики Беларусь характерно относительно высокое содержание железа общего, которое превышает ПДК. В бассейне р. Днепр в 95 % водотоков среднесезонная концентрация железа общего превышает ПДК, в бассейне р. Западный Буг – в 90 % водотоков, в бассейне р. Западная Двина – в 86 % водотоков, в бассейне р. Неман – в 97 % водотоков, в бассейне р. Припять – в 86 % водотоков. В бассейне р. Днепр, р. Западный Буг и р. Неман во всех рассматриваемых водоемах среднесезонная концентрация железа общего превышает ПДК, в бассейне р. Западная Двина – в 91 %

водоемов, в бассейне р. Припять – в 77 % водоемов. Кроме этого, анализ содержания железа общего в водотоках и водоемах бассейнов рек Республики Беларусь в годовом разрезе показал, что в большинстве водотоков и водоемов ежегодно средняя концентрация железа общего превышает ПДК. В то же время в рассматриваемых водотоках и водоемах наблюдаются колебания среднегодовой концентрации железа общего, при этом значительного роста содержания железа общего в рассматриваемых водотоках и водоемах не выявлено.

Для водотоков и водоемов бассейнов рек Республики Беларусь также характерно относительно высокое содержание марганца, которое превышает ПДК. В бассейнах р. Западный Буг и р. Припять во всех рассматриваемых водотоках среднесезонная концентрация марганца превышает ПДК, в бассейне р. Днепр – в 93 % водотоков, в бассейне р. Западная Двина – в 83 % водотоков, в бассейне р. Неман – в 90 % водотоков. В бассейне р. Днепр, р. Западный Буг и р. Припять во всех рассматриваемых водоемах среднесезонная концентрация марганца превышает ПДК, в бассейне р. Неман – в 86 % водоемов, в бассейне р. Западная Двина – в 46 % водоемов. Кроме этого, анализ содержания марганца в водотоках и водоемах бассейнов рек Республики Беларусь в годовом разрезе показал, что в большинстве водотоков и водоемов ежегодно средняя концентрация марганца превышает ПДК. В то же время в рассматриваемых водотоках и водоемах наблюдаются колебания среднегодовой концентрации марганца, при этом рост содержания марганца в рассматриваемых водотоках и водоемах не выявлен.

Для бассейна р. Западная Двина в целом характерно относительно высокое содержание меди в водотоках, в котором в 81 % водотоков среднесезонная концентрация меди превышает ПДК. В остальных бассейнах рек в большинстве водотоков среднесезонная концентрация меди не превышает ПДК: в бассейне р. Днепр в 23 % водотоков среднесезонная концентрация меди превышает ПДК, в бассейне р. Западный Буг – в 11 % водотоков, в бассейне р. Неман – в 8 % водотоков, в бассейне р. Припять – в 4 % водотоков. В большинстве водоемов бассейнов рек Республики Беларусь среднесезонная концентрация меди за рассматриваемый период превышает ПДК. В бассейне р. Западный Буг во всех рассматриваемых водоемах среднесезонная концентрация меди превышает ПДК, в бассейне р. Западная Двина – в 91 % водоемов, в бассейне р. Днепр – в 62 % водоемов, в бассейне р. Припять – в 56 % водоемов. В бассейне р. Неман в большинстве водоемов среднесезонная концентрация меди не превышает ПДК (среднесезонная концентрация меди превышает ПДК в 21 % водоемов). Кроме этого, анализ содержания меди в водотоках бассейнов рек Республики Беларусь в годовом разрезе показал, что в бассейне р. Западная Двина во всех рассматриваемых водотоках за период 2011–2021 гг. в отдельные годы среднегодовая концентрация меди превышала ПДК. В остальных бассейнах рек в ряде водотоков в отдельные годы среднегодовая концентрация меди превышала ПДК. В водоемах бассейнов р. Днепр и р. Припять во всех водоемах (озерах) в отдельные годы среднегодовая концентрация меди превышала ПДК. В то же время в рассматриваемых водотоках и водоемах бассейнов рек наблюдаются колебания среднегодовой концентрации меди, при этом в некоторых водотоках и водоемах наблюдается тенденция снижения содержания меди в поверхностных водах.

Относительно высокое содержание цинка в водотоках характерно для бассейна р. Западный Буг, в котором в 78 % водотоков среднесезонная концентрация цинка превышает ПДК, а также для бассейна р. Западная Двина, в котором в 63 % водотоков среднесезонная концентрация цинка превышает ПДК. В остальных бассейнах рек в большинстве водотоков среднесезонная концентрация цинка не превышает ПДК: в бассейне р. Припять в 30 % водотоков среднесезонная концентрация цинка превышает ПДК, в бассейне р. Днепр – в 26 % водотоков, в бассейне р. Неман – в 12 % водотоков. В водоемах относительно высокое содержание цинка характерно для бассейна р. Западный Буг, в котором во всех рассматриваемых водоемах среднесезонная концентрация цинка превышает ПДК, для бассейна р. Днепр, в котором в 78 % водоемов среднесезонная концентрация цинка превышает ПДК, а также для бассейна р. Припять, в котором в 67 % водоемов среднесезонная концентрация цинка превышает ПДК. Кроме этого, анализ содержания цинка в водотоках бассейнов рек Республики Беларусь в годовом разрезе показал, что в бассейне

р. Днепр, Западный Буг, Западная Двина, р. Припять большинстве рассматриваемых водотоков за рассматриваемый период в отдельные годы среднегодовая концентрация цинка превышала ПДК. В водоемах бассейнов р. Днепр и р. Припять во всех водоемах (озера) в отдельные годы среднегодовая концентрация цинка превышала ПДК. В то же время в рассматриваемых водотоках и водоемах бассейнов рек наблюдаются колебания среднегодовой концентрации цинка, при этом в некоторых водотоках и водоемах наблюдается тенденция снижения содержания цинка в поверхностных водах.

Качественный анализ содержания металлов (железа общего, марганца, меди, цинка) в водах поверхностных водных объектов указывает на их естественное (фоновое) содержание, обусловленное природными особенностями территории.

В основу научно-методического подхода при пересмотре ПДК металлов (железа общего, марганца, меди, цинка) в воде поверхностных водных объектов заложен подход дифференциации ПДК по основным речным бассейнам (Днепр, Западный Буг, Западная Двина, Неман, Припять). При этом внутри бассейнов ПДК установлены также дифференцированно для двух групп водотоков; отдельно установлены ПДК для озер (в зависимости от принадлежности к бассейнам рек); ПДК для водохранилищ установлены на уровне значений ПДК для рек с учетом принадлежности к тому либо иному речному бассейну.

Методологический подход при установлении природного фонового содержания металлов (железа общего, марганца, меди, цинка) основывался на определении концентраций веществ при отсутствии достоверной статистической связи между концентрацией вещества и расходом воды в водотоке и наличии ежемесячных гидрохимических наблюдений.

Учитывая, что измерения концентрации веществ в пунктах наблюдений водоемов осуществляются реже 1 раза в месяц, расчет фоновых концентраций веществ для озер бассейнов рек Республики Беларусь осуществлялся с учетом возможных версий характерной внутригодовой периодичности (сезонности) изменения концентрации вещества.

Уточненное содержание металлов (железо общее, марганец, медь, цинк) в воде поверхностных водных объектов бассейнов рек Днепр, Западный Буг, Западная Двина, Неман и Припять отображают их фактическое природное фоновое содержание. Использование пересмотренных концентраций металлов позволит более точно определить уровень загрязнения поверхностных водных объектов, принимать необходимые меры для их защиты и восстановления. Такой подход способствует эффективному контролю за качеством воды, обеспечивая безопасность для живых организмов и сохранение экосистемы в целом.

Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 января 2024 г. № 1 с 26 апреля 2024 г. утрачивают силу постановление Минприроды № 13 и вступает в силу ЭкоНиП 17.06.01-006-2023 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов», утвержденный постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 15 декабря 2023 г. № 15-Т, где приведены уточненное природное фоновое содержание металлов в воде (железо общее, марганец, медь, цинк) в водотоках и водоемах Республики Беларусь.

Список литературных источников

1. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22 февр. 2022 г., № 91 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22200091>. – Дата доступа: 15.03.2024.
2. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : 30 апреля 2014 г., № 149-З : принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г. : одобрен Советом Респ. 11 апреля 2014 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2023 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
3. О проведении мониторинга поверхностных и подземных вод [Электронный ресурс] / приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 19 июля 2019 г., № 180-ОД // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.
4. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс] : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ.

ЛОКАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ересько М.А.

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь, kisa_marina@mail.ru*

Локальный мониторинг подземных вод как часть локального мониторинга окружающей среды появился в 2005 г. Приобретен значительный опыт оценки данных, но есть перспективные для решения вопросы: восполнить данные о геологическом строении и гидрогеологических условиях по каждому пункту локального мониторинга подземных вод, оптимизировать сети пунктов, включающие избыточное количество скважин, соблюдая принципы репрезентативности и минимальной достаточности.

Local groundwater monitoring: current issues and prospects

Yeresko M.

Local groundwater monitoring as part of local environmental monitoring appeared in 2005. Significant experience in assessing data has been acquired, but there are promising issues to resolve: replenishing data on the geological structure and hydrogeological conditions for each local groundwater monitoring point, optimizing networks of points that include excess number of wells, observing the principles of representativeness and minimum sufficiency.

В соответствии с абзацем 16 статьи 1 Закона Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-ХІІ «Об охране окружающей среды», «мониторинг окружающей среды – система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов» [1]. Главным отличием мониторинга окружающей среды от других организационно-правовых механизмов охраны окружающей среды (например, контроля в области охраны окружающей среды) является его содержание и конечная цель – оценка динамики изменения состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов и прогноз.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 апреля 1993 г. № 247 в нашей стране создана Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (далее – НСМОС) [2]. Согласно пункту 3 положения о НСМОС [3], данная система включает 13 организационно-самостоятельных и проводимых на общих принципах видов мониторинга, одним из которых является локальный мониторинг окружающей среды [4, 5].

Локальный мониторинг окружающей среды может быть определен следующим образом: «локальный мониторинг окружающей среды – система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки экологического состояния и динамики его изменения, а также прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием антропогенных факторов применительно к территории, которая является зоной ответственности субъекта, осуществляющего хозяйственную и иную деятельность, сопровождаемую использованием природных ресурсов и оказанием воздействия на окружающую среду» [6].

Локальный мониторинг окружающей среды не будет полноценным и отвечающим основным цели и задачам в случае, если природопользователь ограничится лишь проведением наблюдений (отбор проб и химико-аналитические работы), без выполнения оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [7, 8].

Локальный мониторинг окружающей среды проводится юридическими лицами, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие

на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность, что предусмотрено пунктом 5 Положения о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь локального мониторинга окружающей среды и использования его данных, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2004 г. № 482 (далее – Положение) [9].

Порядок формирования сети пунктов наблюдений по каждому виду мониторинга НСМОС, его ведения, внесения изменений и дополнений определен пунктами 12, 13 Инструкции о порядке ведения государственного реестра пунктов наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, утвержденной постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 17 декабря 2008 г. № 119 [10].

Юридические лица, осуществляющие проведение локального мониторинга подземных вод, самостоятельно либо с привлечением сторонней организации определяли сеть наблюдательных скважин и колодцев с учетом сложности гидрогеологических условий территории и особенностей рельефа местности. При этом для каждого источника вредного воздействия (например, полигона твердых коммунальных отходов) были созданы скважины, которые располагаются по течению естественного подземного потока выше источника негативного воздействия на подземные воды и ниже по течению естественного потока за пределами границы прогнозируемой зоны загрязнения.

По итогам проведения работ по разработке и обоснованию сети наблюдательных скважин и колодцев природопользователь в соответствии с требованиями первоначальной редакции Инструкции о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды, утвержденной постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 1 февраля 2007 г. № 9 (далее – Инструкция) [11], был обязан представить карточку локального мониторинга, объектом наблюдения которого являются подземные воды, содержащую следующие данные:

- координаты скважины/колодца, расстояние до постоянного водотока;
- абсолютная отметка устья и глубина скважины/колодца;
- уровень воды в скважине после бурения;
- геолого-литологический разрез и конструкция скважины (мог быть представлен в форме паспорта скважины);
- наименование параметра, периодичность наблюдений.

Несмотря на достаточно четкую регламентацию перечня документации, необходимой для предоставления в Информационно-аналитический центр локального мониторинга окружающей среды, полный объем информации, необходимой для полноценной оценки результатов, имеется не по каждому объекту (полигону ТКО и др.). Целесообразно актуализировать данные о геологическом строении и гидрогеологических условиях по каждому пункту локального мониторинга подземных вод.

Пунктом 123 ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 [12] установлено, что при проведении локального мониторинга окружающей среды, объектом наблюдения которого являются подземные воды:

- осуществляется локальный мониторинг окружающей среды в районе расположения выявленных или потенциальных источников загрязнения подземных вод, на пунктах наблюдений, включающих наблюдательные скважины и/или колодцы;

- предусматривается устройство сети пунктов наблюдений локального мониторинга подземных вод для наблюдений за качеством подземных вод;

- для оценки влияния источника вредного воздействия на состояние подземных вод один из пунктов наблюдений располагается выше по течению естественного подземного потока, на которую не оказывает влияние источник вредного воздействия (фоновая скважина) и не менее двух пунктов наблюдений ниже по течению естественного потока;

- оценивается влияние источника вредного воздействия на подземные воды относительно содержания загрязняющих веществ в подземных водах фоновых скважин;

- обеспечивается техническая исправность фоновых и наблюдательных скважин (колодцев) и доступ для подъезда автотранспорта на земельном участке природопользователя с целью прокачки скважин и отбора проб воды.

Из сказанного выше следует, что минимально необходимое количество скважин соответствует 3. В Перечне [13] установленное для ряда природопользователей количество наблюдательных скважин (колодцев) может достигать 15–20, расположенных в непосредственной близости наблюдательных скважин (колодцев). При этом отсутствует обоснованная необходимость содержать природопользователю такое количество расположенных близко друг от друга наблюдательных скважин (колодцев), так как получить репрезентативные результаты для оценки состояния подземных вод той же территории представляется возможным при меньшем количестве наблюдательных скважин (колодцев) (рис.).

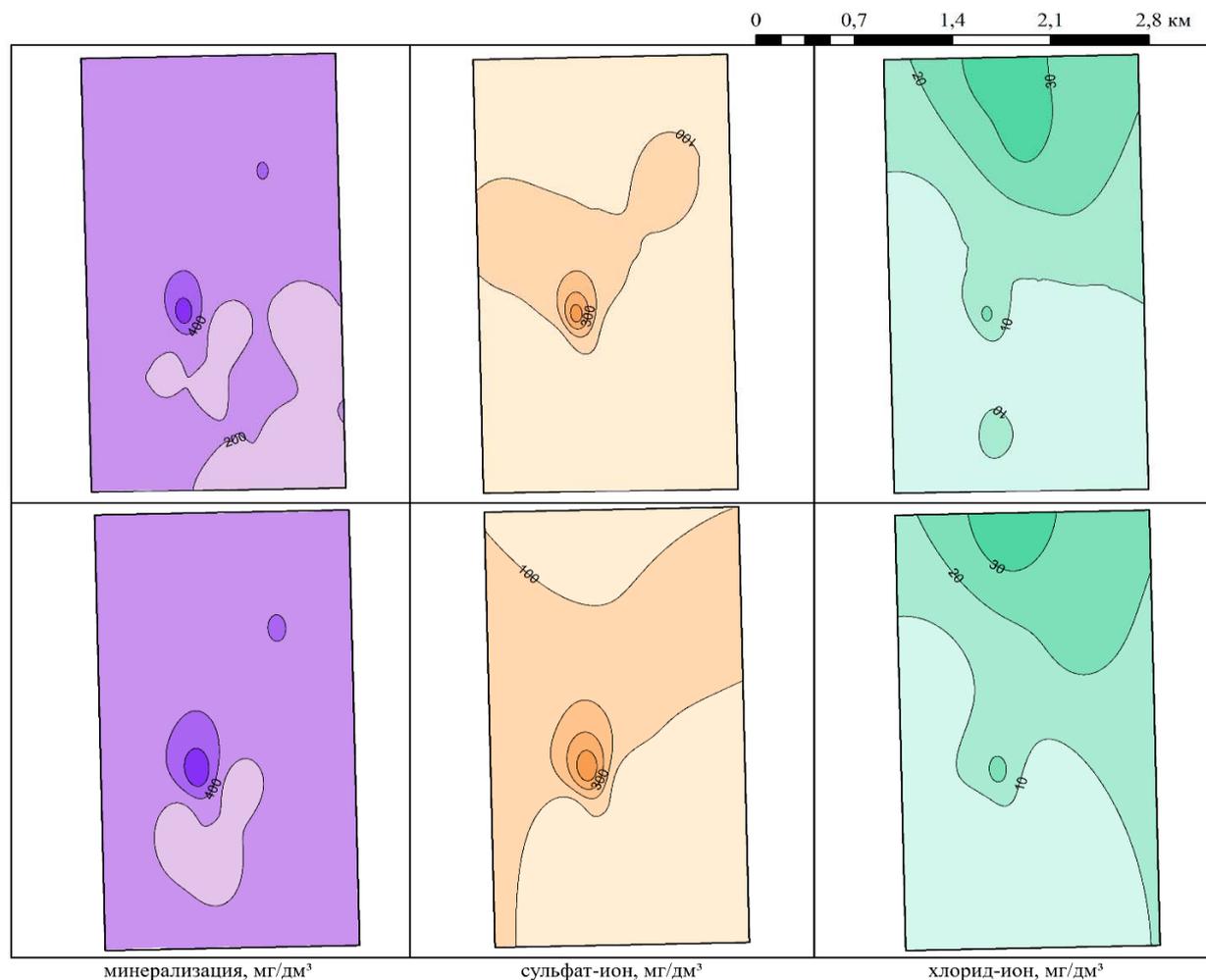


Рисунок – Результаты оценки состояния подземных вод, выполненной по 20 (вверху) и 5 (внизу) скважинам

Формирование репрезентативной сети пунктов наблюдений за экологическим состоянием подземных вод должно быть осуществлено с применением принципов экономической целесообразности и разумной достаточности. В качестве основных критериев эффективности локального мониторинга подземных вод можно определить следующие:

- репрезентативность сети наблюдательных скважин (колодцев);
- минимальная достаточность пунктов наблюдения;
- соотношение точности получаемой информации и затрат на ее получение.

По своей сути локальный мониторинг окружающей среды является комплексным, так как, согласно пункту 4 Положения [9], и пункту 2 Инструкции его объектами являются [11]:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от технологического и иного оборудования, технологических процессов, машин и механизмов (далее – выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух);
- сточные воды, сбрасываемые в поверхностные водные объекты, в том числе через систему дождевой канализации (далее – сточные воды);
- поверхностные воды в районе расположения источников сбросов сточных вод (далее – поверхностные воды);

подземные воды в местах расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения (далее – подземные воды);

почвы (грунты) в местах расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения (далее – почвы (грунты));

другие объекты наблюдений, определяемые Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

В настоящее время другие объекты наблюдений не определены.

Ввиду комплексности перспективной для цели локального мониторинга окружающей среды является оценка не компонентов (почвы (грунты), подземные воды, поверхностные воды) и видов воздействий (выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сточные воды), а окружающей среды в целом для территорий промышленных зон крупных городов.

Список литературных источников

1. Об охране окружающей среды : Закон Республики Беларусь, 26 ноября 1992 г., № 1982-ХІІ : в ред. Закона Республики Беларусь от 30.12.2022 г. [Электронный ресурс] // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

2. О создании Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 20 апреля 1993 г. № 247 : в ред. Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 14.07.2003 г. [Электронный ресурс] // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

3. О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 14 июля 2003 г. № 949 : в ред. постановления Совета Министров Республики Беларусь от 22.06.2020 г. [Электронный ресурс] // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.

4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты и перспективы / В. И. Ключенович [и др.]. – Минск : «Бел НИЦ «Экология», 2013. – 36 с.

5. Ересько, М. А. Особенности проведения локального мониторинга земель на предприятиях / М. А. Ересько // Экология на предприятии. – 2012. – № 9 (15). – С. 69–78.

6. Ересько, М. А. Организационно-правовые аспекты локального мониторинга земель / М. А. Ересько, С. В. Апанасевич // Природные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 124–135.

7. Ересько, М. А. Локальный мониторинг окружающей среды: изменения в законодательстве и отчетность / М. А. Ересько // Экология на предприятии. – 2017. – № 3 (69). – С. 67–79.

8. Ересько, М. А. Правовое регулирование мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь / М. А. Ересько, С. В. Апанасевич // Земля Беларуси. – 2018. – № 4. – С. 36–43.

9. О проведении отдельных видов мониторинга окружающей среды и использовании их данных : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 28 апреля 2004 г., № 482 : в ред. постановления Совета Министров Республики Беларусь от 25.11.2020 г. [Электронный ресурс] // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

10. Об утверждении Инструкции о порядке ведения государственного реестра пунктов наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 17 декабря 2008 г., № 119 : в ред. постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 24.05.2012 г. [Электронный ресурс] // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

11. Об утверждении Инструкции о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 1 февраля 2007 г., № 9 : в ред. постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30.12.2020 г. [Электронный ресурс] // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

12. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: ЭкоНИП 17.01.06-001-2017. – Введ. 01.10.2017. – Минск : Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2024. – 188 с.

13. О локальном мониторинге окружающей среды : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 11 января 2017 г., № 5 : в ред. постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14.07.2023 г. [Электронный ресурс] // ИПС «Эталон» / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЫРОВ С УЧЕТОМ ПЕРЕРАБОТКИ СЫВОРОТКИ

Захарко П.Н., Юшкис А.К.

Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь, polina.k.85@mail.ru

В процессе производства сыров образуется побочный продукт – молочная сыворотка, использование которой без соответствующей переработки затруднено. При переработке сыворотки в результате ее концентрирования и сгущения образуются дополнительные объемы, поступление которых в сети канализации предприятия приводит к увеличению объема водоотведения по отношению к водопотреблению и формирует отрицательный водный баланс по предприятию.

Changing water use in cheese production plants taking into account whey processing

Zakharko P., Ushkis A.

During the production of cheeses, a by-product is formed – whey, the use of which is difficult without appropriate processing. When processing whey, as a result of its concentration and thickening, additional volumes are formed, the entry of which into the enterprise's sewerage network leads to an increase in the volume of water disposal in relation to water consumption and forms a negative water balance throughout the enterprise.

Последние пять лет наблюдается устойчивая динамика увеличения объемов производства твердых, полутвердых и мягких сыров по отношению к другим видам молочной продукции (творог и творожные изделия, цельномолочная продукция, масло сливочное).

В процессе производства сыра образуются большие объемы побочного продукта – молочной сыворотки, процентный выход которой может составлять около 80–90 % от первичного продукта.

Молочная сыворотка содержит около 50 % сухих веществ молока, лактозу, азотистые вещества, углеводы, жиры, органические кислоты, витамины, минеральные вещества, незаменимые аминокислоты, то есть является биологически ценным продуктом, который можно в дальнейшем использовать для производства других видов молочной продукции [1].

Поэтому государством в последние десятилетия уделялось особое внимание развитию технологий переработки молочной сыворотки, что подтверждается принятием и реализацией ряда программных документов.

Реализация Программы развития мясной и молочной промышленности на 2005–2010 гг. позволило вовлечь сыворотку в производственный процесс для получения молочной продукции и, соответственно, снизить объемы образования сточных вод и массу поступления загрязняющих веществ в сточные воды.

Программой переработки молочной сыворотки и производства сухих молочных продуктов в Республике Беларусь на 2008–2010 гг. предусмотрено усовершенствование технологии переработки и использования молочной сыворотки за счет внедрения нового технологического оборудования (установка нанофильтрации, обратного осмоса, ультрафильтрации), эксплуатация которого изменила режим водопользования.

Реализация Республиканской программы развития молочной отрасли в 2010–2015 гг. позволило завершить реализацию проектов по увеличению (созданию) мощностей по переработке подсырной сыворотки, а также мероприятия по строительству, реконструкции и модернизации молокоперерабатывающих предприятий.

В Республике Беларусь из 73 предприятий по производству молочной продукции на 44 предприятиях (60 %) в ассортименте молочной продукции присутствуют твердые, полутвердые и мягкие сыры с одновременной переработкой сыворотки либо ее отгрузкой.

В настоящее время переработка молочной сыворотки осуществляется по двум схемам:

– концентрирование сыворотки и дальнейшая ее отгрузка на иное предприятие (неполная переработка сыворотки);

– концентрирование, сгущение и последующая сушка сыворотки (полная переработка сыворотки).

Применяется несколько способов концентрирования (мембранной фильтрации) сыворотки: обратный осмос (ОО), нанофильтрация (НФ), ультрафильтрация (УФ) и микрофильтрация (МФ) (рис.) [1].

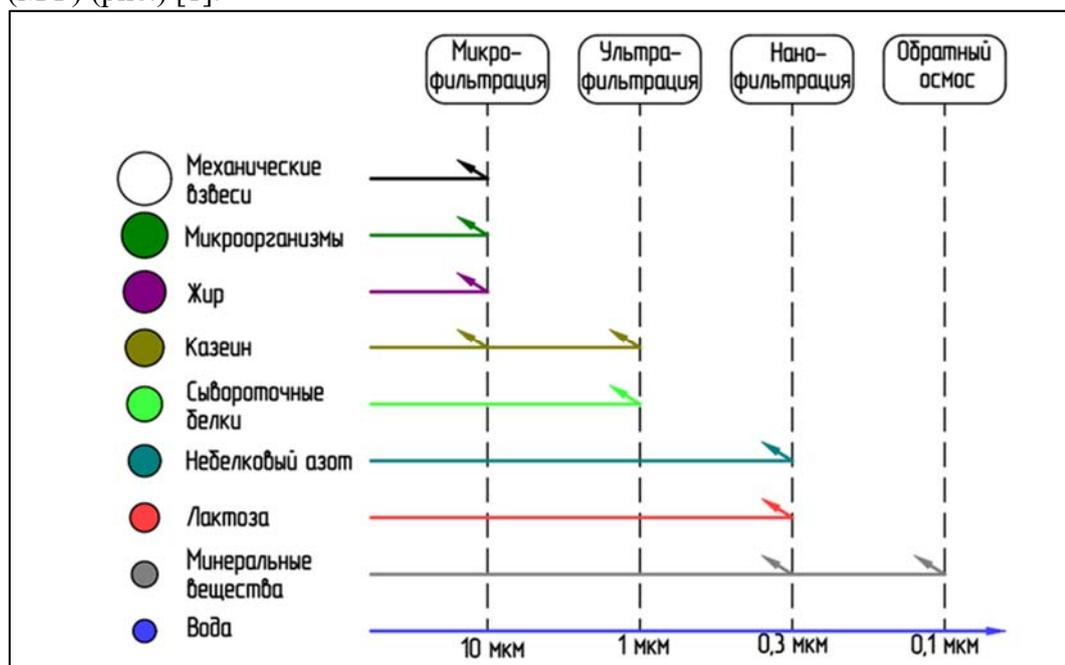


Рисунок – Режимы мембранной фильтрации по типу фильтруемых элементов

Применение каждого из них зависит от дальнейшего целевого использования сыворотки:

– микрофильтрацию эффективно используют для предварительной обработки сырья с целью снижения бактериальной обсемененности сыворотки и удаления жира;

– ультрафильтрация применяется для получения белковых концентратов из сыворотки, которые затем могут использоваться при производстве различных молочных и других продуктов;

– нанофильтрация и обратный осмос используются в основном для деминерализации и концентрирования сыворотки или ультрафильтрованных пермеатов.

Также для получения деминерализованной сыворотки используется электродиализ.

Наиболее часто в Республике Беларусь на предприятиях по производству сыров и переработке сыворотки используются нанофильтрация, обратный осмос, электродиализ.

В тоже время концентрирование сыворотки на мембранных установках привело к образованию второго побочного продукта – фильтрата (пермеата), поступление которого в канализацию предприятия привело к увеличению объема образования сточных вод по отношению к объёму водопотребления и сформировало *отрицательный водный баланс*.

Сгущение молочной сыворотки перед ее сушкой осуществляется на вакуум-выпарных установках (ВВУ).

Вакуум-выпарная установка предназначена для удаления влаги из сырья в результате его кипения при давлении меньше атмосферного и используются для концентрирования и сгущения сыворотки. При работе ВВУ образуются дополнительные объемы, которые отводятся в сети канализации – вторичный пар (выпар), отделяющийся от капель сыворотки и конденсируемый в конденсаторе. Использование вторичного пара для технологических нужд без его предварительной очистки затруднено, так как выпар загрязнен органическими веществами. Поступление вторичного пара в канализацию предприятия привело к увеличению объема образования сточных вод по отношению к объёму водопотребления и сформировало *отрицательный водный баланс*.

Помимо пермеата и вторичного пара в сети канализации предприятия по производству сыров и переработки сыворотки также поступают дополнительные объемы при работе сепаратора (бактофуги) и микрофильтрации солевого раствора, используемого для посолки сыра.

Сепаратор предназначен для разделения молока на две фракции различной плотности: высокожирную (сливки) и низкожирную (обезжиренное молоко). Бактофуга предназначена для выделения из молока микроорганизмов.

Сепаратор и бактофуга имеют гидросистему, которая управляет выгрузкой осадка из барабана, а также промывкой приемника осадка. Приемник осадка периодически в автоматическом режиме частично или полностью очищается и выгружает осадок с сети канализации предприятия.

В процессе эксплуатации соляных бассейнов проводят периодическую очистку рассола с использованием установок микрофльтрации. При работе установки микрофльтрации образуется пермеат (очищенный солевой раствор) и концентрат (остатки заквасок, бактерии и иные примеси), который отводится в сети канализации предприятия.

Таким образом, *отрицательный водный баланс* на предприятиях по производству сыра и переработки сыворотки сформировался при работе следующего оборудования:

- установки ультрафльтрации, обратного осмоса, нанофльтрации, электродиализа;
- вакуум-выпарной установки;
- сепаратора (бактофуги);
- установки микрофльтрации солевого раствора.

В целом использование воды на предприятиях по производству сыров и переработки сыворотки разделено на три направления (таблица):

- производственные нужды ($W_{пр.}$);
- вспомогательные нужды ($W_{вспом.}$);
- хозяйственно-питьевые нужды ($W_{х/п}$).

Таблица 1 – Статьи водопотребления при производстве сыров и переработке сыворотки

№ п/п	Наименование статьи
<i>Производственные нужды ($W_{пр.}$)</i>	
1	Обеспечение технологических параметров оборудования (использование воды в процессе работы оборудования), включая мембранные установки по переработке сырья
2	Работа вакуум-выпарной установки (ВВУ): подпитка оборотной системы, образование вторичного пара
3	Санитарная обработка оборудования
4	Санитарная обработка производственных помещений
5	Приготовление моющих растворов
6	Наружная и внутренняя мойка автомолцистерн
7	Санитарная обработка текстильных изделий
8	Расход воды на посол сыра в зерне
9	Приготовление рассола в соляных бассейнах
10	Выработка пара в котельной (восполнение потерь конденсата пара, продувка котла, потери с выпаром деаэрата, собственные нужды водоподготовки)
<i>Вспомогательные нужды ($W_{вспом.}$)</i>	
1	Нужды лаборатории
2	Водоподготовка питьевой воды
3	Профилактическая чистка и дезинфекция РЧВ, промывка водопроводной сети
4	Работа аммиачной компрессорной
5	Расход воды на подпитку тепловой сети
6	Нужды очистных сооружений
7	Расход воды на мойку твердых покрытий
8	Расход воды на нужды прачечной
9	Расход воды в столовой
<i>Хозяйственно-питьевые нужды ($W_{х/п}$)</i>	
1	Расход воды на питьевые нужды
2	Расход воды на принятие душа
3	Расход воды на полив зеленых насаждений
4	Влажная уборка непромышленных помещений

Несмотря на достаточное количество статей расхода воды, поступление в сети канализации предприятия дополнительных объемов (пермеат, вторичный пар, осадок сепаратора и бактофуги, концентрат микрофльтрации) привело к увеличению водоотведения по отношению к водопотреблению от 6 до 30 %.

Проблемой в данном направлении является то, что предприятия по производству молочных продуктов как при разработке индивидуальных технологических нормативов водопользования, так и при заключении абонентских договоров с организациями ВКХ (ЖКХ) зачастую не указываются данные объемы. В настоящее время приборный учет сточных вод осуществляется на единичных предприятиях, на большей части предприятий объем водоотведения приравнивается к объему водопотребления. Недоучет сточных вод от данных предприятий организациями ВКХ (ЖКХ) приводит к увеличению объема неорганизованного притока воды на приемной камере очистных сооружений, за который в основном не осуществляется уплата экологического налога.

В сложившейся ситуации требуется комплекс научных исследований по развитию направлений оптимизации водопользования на предприятиях по производству молочных продуктов, включающий совершенствование методологических подходов к расчету водопользования: детализация статей водопотребления и водоотведения, выявление статей, характеризующихся образованием дополнительных объемов, расчет нормативов водопотребления и водоотведения.

Список литературных источников

1. Михайленко, И. Г. Мембранные технологии и переработка молочной сыворотки [Электронный ресурс] / Михайленко И. Г., Будрик В. Г. – Режим доступа: http://www.vniitti.ru/conf/conf2016/article/MikhaylenkoI.G._BudrikV.G._statya.pdf?ysclid=ltu5gahhu286233320.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩА ЗЕЛЬВЯНСКОЕ

Ивашко Е.А., Макус А.З., Булак И.А., Луханина Н.В.

Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь, ivashkoegal@gmail.com

Исследовано содержание различных загрязняющих веществ в воде водохранилища Зельвянское, оценено качество воды, разработан комплекс мер по охране и восстановлению экологического состояния водного объекта.

Water quality assessment of the zelyvanskoye reservoir

Ivashko E., Makus A., Bulak I., Lukhanina N.

The paper examines the content of various pollutants in the water of the Zelvenskoye reservoir, evaluates the water quality, and develops a set of measures to protect and restore the ecological state of the water body.

Водохранилище Зельвянское – один из крупнейших водных объектов Гродненской области, занимает 18-е место по площади в Республике Беларусь. Образовано путем создания земляной плотины на реке Зельвянка у г. п. Зельва. По характеру заполнения котловины водохранилище относится к типу речных руслово-пойменных водохранилищ сезонного регулирования, Введено в эксплуатацию в 1983 г. с целью аккумуляции воды весеннего половодья с последующим направлением воды на орошение, хозяйственно-бытовые и промышленные нужды.

Изучение гидрохимического состава воды позволяет оценить общее экологическое состояние водной среды, выявить уровень загрязнения различными веществами (например, биогенными веществами, нефтепродуктами), и определить их источники поступления.

Полученные данные необходимы для разработки мер по улучшению качества воды, контроля выбросов загрязняющих веществ, и в целом обеспечения устойчивого использования водных ресурсов. Таким образом, гидрохимический анализ водохранилища является необходимым подходом для поддержания экологического равновесия и сохранения биоразнообразия.

При исследовании водохранилища Зельвянское были проведены отборы проб воды в 8 точках (рис.). Оценка качества воды водохранилища проводилась по 11 показателям: БПК₅, нефтепродуктам, ХПК_{сг}, фосфор общий, аммоний-иону, нитрат- иону, нитрит- иону, сульфат-иону, хлорид-иону, фосфат-иону, и азоту по Кьельдалю [1] (табл.).



Рисунок 1 – Карта-схема места отбора проб воды и донных отложений в водохранилище Зельвянское

Таблица – Концентрации химических элементов в пробах воды водохранилища Зельвянское [1, 2]

	Ед. изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	ПДК
БПК ₅	мг/дм ³	2,3	1,8	3,9	2,3	2,4	2	2,2	2,1	3
Нефте-продукты	мг/дм ³	0,006	0,006	0,006	0,009	0,008	0,006	0,006	0,006	0,05
ХПК _{сг}	мгО ₂ /дм ³	21,5	15,6	19,1	26,9	27,4	16,5	22,1	19,3	25
Фосфор общий	мг/дм ³	0,073	0,08	0,035	0,13	0,23	0,044	0,095	0,058	0,2
Аммоний-ион	мгN/дм ³	0,0228	0,0704	0,0109	0,0645	0,0593	0,0397	0,0278	0,0169	0,39

Нитрат-ион	мгN/дм ³	0,31	0,26	0,25	1,2	1,2	0,16	0,24	0,088	9,03
Нитрит-ион	мгN/дм ³	0,027	0,012	0,0098	0,045	0,011	0,014	0,0094	0,0042	0,024
Сульфат-ион	мг/дм ³	24,3	23,8	17,1	25,3	20,8	14,8	13	12,9	100
Хлорид-ион	мг/дм ³	15,2	17,6	15,9	16	< 10	15,2	16	15,9	300
Фосфат-ион	мгP/дм ³	0,045	0,059	0,024	0,094	0,18	0,028	0,043	0,026	0,066
Азот по Къельдалю	мг/дм ³	< 0,15	0,562	< 0,15	0,608	0,562	0,234	0,187	< 0,15	5

Согласно проведенному анализу в пробах воды отмечается превышение ПДК по 5 показателям: БПК₅, ХПК_{сг}, фосфор общий, нитрит-ион и фосфат-ион. В пробе № 1 отмечается превышение ПДК по нитрит-ионам, в пробе № 3 – по БПК₅, В пробе № 4 – по ХПК_{сг} и фосфат-ионам, а в пробе № 5 – по ХПК_{сг}, фосфор общий, нитрит-ионам и фосфат-ионам.

Для определения качества воды был проведен расчет гидрохимического индекса загрязненности воды (ИЗВ). Он рассчитывается по шести показателям (для пресных вод), которые можно считать гидрохимическими (БПК₅, нефтепродукты, ХПК_{сг}, фосфор общий, нитрит-ион, фосфат-ион) [3].

Согласно проведенному анализу проб воды водохранилища Зельвянское был рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ) согласно формуле 1:

$$\text{ИЗВ} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) / 6 \quad (1) [3]$$

где n – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшее значение, независимо от того, превышают они ПДК или нет; C_i – концентрация i-го загрязняющего вещества в воде; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i-го загрязняющего вещества.

По результатам расчетов индекс загрязнения воды (ИЗВ) в водохранилище Зельвянское составляет 0,64. Согласно [3] качество воды в водохранилище соответствует II классу и оценивается, как чистая.

Кроме ИЗВ также был рассчитан комбинаторный индекс загрязненности (В). Он позволил определить по комплексу загрязняющих веществ не только качество воды, но и частоту их нормативных превышений [3].

Согласно этому методу для всех рассматриваемых загрязняющих веществ рассчитаны баллы кратности превышений ПДК, K₁ (формула 2), показатель повторяемости случаев превышения ПДК, N_i (формула 3) и обобщенного оценочного балла, V_i (формула 4):

$$K_1 = C_i / \text{ПДК}_i, \quad (2)$$

$$N_i = N_{i0} / N_i, \quad (3)$$

$$V_i = K_i * N_i, \quad (4)$$

где C_i – концентрация в воде i-го вещества; ПДК_i – нормативное значение концентрации i-го вещества; N_{i0} – число случаев превышения ПДК N_i – общее число отобранных проб.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды водохранилища Зельвянское

Ингредиенты и показатели загрязненности	N_i	K_1	$H_i, \%$	B_i
БПК5	1	0,79	12,5	0,10
Нефтепродукты	0	0,13	0	0,00
ХПК Cr	2	0,84	25	0,21
Фосфор общий	1	0,47	12,5	0,06
Аммоний-ион	0	0,10	0	0,00
Нитрат-ион	0	0,05	0	0,00
Нитрит-ион	1	0,69	12,5	0,09
Сульфат-ион	0	0,19	0	0,00
Хлорид-ион	0	0,05	0	0,00
Фосфат-ион	2	0,95	25	0,24
Азот по Кьельдалю	0	0,07	0	0,00

Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех загрязняющих веществ (формула 5) [3].

$$\text{КИЗВ} = \sum B_i \quad (5)$$

По результатам проведенных расчётов значение КИЗВ для водохранилища Зельвянское составляет 0,7, что соответствует 1-му классу качества воды – условно чистая [3].

Выводы: При проведении работы по обследованию водохранилища Зельвянское были проведены отборы проб воды в 8 точках. Качество воды в водохранилище оценивалась по 11 показателям.

Для определения качества воды водохранилища были проведены расчеты двух индексов: индекс загрязненности воды (ИЗВ) и комбинаторный индекс загрязненности воды (КИЗВ).

По результатам расчетов ИЗВ для водохранилища составляет 0,62, что соответствует II классу качества воды (чистая воды). По результатам испытаний и проведенных расчетов индекс КИЗВ принимает значение 0,7, что соответствует 1-му классу качества, условно чистая вода.

Полученные результаты позволяют утверждать, что вода водохранилища Зельвянское не подвержена сильному или критическому загрязнению, соответствует нормативам качества за исключением БПК5 в точке 3; ХПК в точках 4,5; Нитрит-ионов в точке 1; Фосфат-ионов в точках 4 и 5.

Разработан план мероприятий по охране и восстановлению водного и химического режима водохранилища Зельвянское. К основным мероприятиям по восстановлению водного объекта отнесены дноуглубительные работы, изъятие донных отложения и мусора, удаление водной и прибрежной растительности. Данные мероприятия позволят повысить степень проточности водохранилища и скорость водообмена. К мероприятиям по охране водного объекта относятся меры по выполнению природоохранных мероприятий в пределах водоохранной зоны и прибрежной полосы [1].

Список литературных источников

1. Исследование водохранилища Зельвянское с целью его восстановления и оздоровления среды обитания рыб и стабилизации ресурсов ихтиофауны : отчет о НИР (промежуточный) / ЦНИИКИВР ; рук. О. М. Таврыкина. – Минск, 2023. – 117 с.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2022 год). Издание официальное / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерство здравоохранения Республики Беларусь, РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». – 2023. – С. 44.
3. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям : методические указания. РД 52.24.643 – 2002 / Ростов на Дону. – 2002. – 55 с.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ ЧАЙКА

Истомин А.П.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, Россия, istomin-ap@yfanp.ru

Проведен мониторинг прохождения весеннего половодья на озерной системе Чайка. Зафиксирована зависимость направления тока воды по водным объектам системы в зависимости от осуществления сбросных расходов через Волжскую ГЭС. При помощи ретроспективного дешифрирования космических снимков определена эффективность обводнения озерной системы. Предложены рекомендации для оптимального обводнения поймы.

Features of the hydrological regime of the northern part Volga-Akhtuba floodplain on the example of the Chaika lake system

Istomin A.

The passage of the spring flood in the Chaika lake system was monitored. The dependence of the direction of water flow through the water bodies of the system was recorded depending on the implementation of discharge flows through the Volzhskaya HPP. Using retrospective interpretation of satellite images, the efficiency of watering the lake system was determined. Recommendations for optimal floodplain watering are proposed.

Введение

Волго-Ахтубинская пойма по всей территории расчленена густой сетью ериков, озер, стариц, которые образуют сложную гидрографическую сеть, основную роль в функционировании которой играет весеннее половодье. Ключевую роль в обводнении рассматриваемой территории в период половодья оказывает Ахтуба, благодаря особенностям рельефа. Значительная территория северной части поймы обводняется через два крупных водных тракта Каширинский и Краснослободский [1, 2].

После создания Волжско-Камского каскада водохранилищ и изменений в параметрах половодья происходит деградация водно-болотных угодий и пойменных лесов, а также снижение воспроизводства биологических ресурсов. Причиной является то, что параметры специальных весенних попусков приведены к среднему многолетнему значению, отклоняясь только в многоводные (2016) и маловодные (2006, 2015) годы, и не обеспечивают благоприятной гидрологической обстановки на территории поймы. В настоящее время на территории Волго-Ахтубинской поймы реализуются мероприятия по реабилитации и восстановлению водных объектов в рамках национального проекта «Экология», который активно реализуется на территории Волгоградской области [2, 3, 4].

Озерная система Чайка является типичным ландшафтом Волго-Ахтубинской поймы представляющая собой озера и ерики, соединенные между собой в период половодья, тогда как в меженный период сообщения между водными объектами практически прекращается. Данная озерная система расположена в высокой части поймы и начало ее обводнения осуществляется в период максимальных расходов через Волгоградский гидроузел 25 000–27 000 куб.м/с [5].

В период реализации национального проекта «Экология» в пределах озерной системы Чайка проведены масштабные исследовательские и проектные работы, в результате которых значительная часть территории водных объектов расчищена от наносов, древесно-кустарниковой растительности, тростника и рогоза, а также построены и реконструированы 10 водопропускных сооружений.

Целью настоящей работы является оценка современного гидрологического режима озерной системы Чайка после проведения водоохранных мероприятий, предусмотренных национальным проектом «Экология».

Материалы и методы. В период весеннего половодья 2021–2022 гг. проведен мониторинг уровня воды над нулем поста на водопропускных сооружениях, через которые вода заходит в озерную систему Чайка из Каширинского (№ 117, реконструированное в 2017 г.) и Краснослободского (№ 151 и № 85 реконструированные в 2021 г.) водных трактов [6, 7].

В качестве гидрологических постов в соответствии с методическими указаниями ГСИ «Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом “скорость – площадь” МИ 1759-87» использовались существующие водопропускные сооружения [8].

Для анализа эффективности проведенных природоохранных мероприятий в озерной системе Чайка произведено дешифрирование космических снимков, на которых установлена поверхность воды рассматриваемой территории на 07.05.22 г. (Sentinel-2) и 17.05.17 г. (Landsat 8). Для повышения точности дешифрирования снимков была произведена полевая верификация территории исследования. Даты космических снимков определены исходя из пика половодья в 25 000 куб. м/с продолжительностью 7 дней в 2022 г. и 8 в 2017 г., через 4 и 6 дней после пиковых расходов соответственно. Стоит отметить, что половодье 2017 г. было последним до начала реализации природоохранных мероприятий на рассматриваемом участке.

Результаты и обсуждения. Особенностью формирования гидрографической сети является разность высотных горизонтов водной поверхности Волги и Ахтубы. В верхней части Волго-Ахтубинской поймы (Среднеахтубинский и Ленинский районы Волгоградской области) общий уклон территории направлен от Ахтубы к Волге. К примеру, разница отметок правого берега р. Ахтуба (-5 м БС) и левого берега р. Волга (-10 м БС) в створе г. Ленинска Волгоградской области составляет около 5,0 м. Геоморфологическое строение поймы определяет преобладающее направление течения в водотоках от Ахтубы к Волге.

При сложившихся условиях в части превышения отметок уровня воды в Ахтубе и разветвленной гидрографической сети водотоков и водоемов, весеннее обводнение водных объектов Волго-Ахтубинской поймы на ее верхнем, наиболее высоком участке в основном осуществляется из р. Ахтуба. Уровень воды в р. Ахтуба, и соответственно обводнение территории Волго-Ахтубинской поймы находится в зависимости от расходов воды и продолжительности осуществления «сельскохозяйственной полки» через Волгоградский гидроузел.

В результате антропогенной деятельности и недостаточности весеннего половодья для оптимального обводнения поймы, наблюдается деградация экосистемы поймы, что явилось основанием включения мероприятий по восстановлению уникальной системы в национальный проект «Экология» отдельной строкой.

В рамках реализации природоохранных мероприятий на территории озерной системы Чайка осуществлена комплексная реабилитация водных объектов, которая организационно проведена в два этапа – технический и биологический. В результате проведения работ по геопластике рельефа дна, емкость водоемов увеличилась и созданы условия для восстановления типичных групп биоразнообразия [5, 9, 10].

Одним из ключевых факторов, влияющих на обводнение территории озерной системы Чайка в условиях ограниченного сброса воды через Волгоградский гидроузел, является строительство (реконструкция) водопропускных сооружений, через которые вода поступает в большем объеме в ерики, озера и далее вглубь пойменной территории. Положительной особенностью которых является возможность регулирования запорными устройствами (шандорами) пропуска и аккумуляции воды [6, 7].

В результате реконструкции водопропускного сооружения № 117, являющегося начальным звеном поступления воды в озерную систему из Каширинского водного тракта, площадь сечения увеличилась в 3,5 раза. Так, при осуществлении мониторинга в 2021–2022 гг. установлено, что фактическая площадь живого сечения сооружения по сравнению с фактической площадью живого сечения до реконструкции при сбросе воды через Волгоградский гидроузел 25 000 куб.м/с увеличилась в 11,4 раза и на 2 дня раньше началось заполнение водой озерной системы Чайка [6].

По результатам дешифрирования космических снимков установлено, что площадь водных объектов, покрытая водой в системе озер Чайка, увеличилась на спаде половодья на 35 %. При этом выход полых вод в пойму в 2017 г. отмечался в незначительном объеме, тогда

как в 2022 г. после проведения природоохранных мероприятий затопление территории поймы увеличилось в 5,6 раза [10].

Полученная информация дает представление об эффективности данных мероприятий для увеличения обводнения пойменной территории, в том числе на стадии спада половодья, исключая обратный ток воды из озерной системы при помощи регулирования водопропускных сооружений.

Озерная система Чайка расположена между Каширинским и Краснослободским водными трактами и в период половодья наполняется водами с данных трактов. В результате мониторинга 2021–2022 гг. установлено, что начало заполнения озерной системы, в период половодья осуществляется с Каширинского тракта при сбросных расходах через Волгоградский гидроузел 20 000–24 000 куб.м/с. По данным многолетних наблюдений, учитывая режим работы переливных плотин, расположенных на ерике первого звена Краснослободского тракта – Верблюды (Затонский), перелив и дальнейшее наполнение водой поймы через Краснослободский тракт начинается при расходах через Волгоградский гидроузел не менее 24 000 куб.м/с [11].

Выводы. В целях сохранения, восстановления и рационального использования водных ресурсов необходимо реализовать комплекс мер, направленных на существенное снижение антропогенной нагрузки. В качестве первоочередных мероприятий должны быть следующие:

- развитие системы мониторинга водных объектов и их водоохраных зон, также предусматривающий мониторинг водных объектов до и после проведения водоохраных мероприятий;
- ликвидация сбросов неочищенных (недостаточно очищенных) сточных вод, в том числе ливневых в водные объекты;
- внедрение принципа адаптивного природопользования как обязательного условия рациональной деятельности людей с учетом природных и антропогенных факторов опустынивания и наличия водных ресурсов;
- охрана водных объектов и их водосборной площади;
- строительство и реконструкция существующих водопропускных сооружений на основных водотоках Волго-Ахтубинской поймы;
- осуществление мероприятий по расчистке и (или) экологической реабилитации водных объектов;
- вовлечение извлеченных донных отложений при соответствующей обработке в сельскохозяйственный оборот;
- комплексное использование водных ресурсов.

Список литературных источников

1. Горелиц, О. В. Современный механизм заливания территорий Волго-Ахтубинской поймы в период половодья (в пределах Волгоградской области). Научный потенциал регионов на службу модернизации / Горелиц О. В., Землянов И. В. – Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2013. – № 2 (5), спецвыпуск. – С. 9–18.
2. Водно-экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы / М. В. Болгов [и др.] // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – Т. 1, № 3. – С. 15–37.
3. Шумова, Н. А. Изменение экологически значимых параметров гидрологического режима Нижней Волги при зарегулировании стока / Шумова Н. А. // Аридные экосистемы. – 2014. – № 3. – С. 33–47.
4. Комплекс мер, направленных на сохранение уникальной экосистемы Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области / А. И. Беляев [и др.]. Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Сочи, 20–25 сентября 2021 года. – Новочеркасск, 2021. – С. 30–35.
5. «Экологическая реабилитация озерной системы Чайка у п. Великий Октябрь на территории Волго-Ахтубинской поймы в Среднеахтубинском муниципальном районе Волгоградской области». Проектная документация. ГК № 316/18-ОВРВ. ЗАО «Волговодпроект», (<https://zakupki.kontur.ru/0129200005319002180?ysclid=178xj8ud4u182680643>).

6. Изучение современного гидрологического режима озерной системы «Чайка» на территории Волго-Ахтубинской поймы / А. И. Беляев [и др.] // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27, № 7. – С. 60–65. – DOI 10.18412/1816-0395-2023-7-60-65.

7. «Строительство водопропускных сооружений на территории Волго-Ахтубинской поймы в Среднеахтубинском муниципальном районе Волгоградской области». Проектная документация. ГК № 1207/19. ЗАО «Волговодпроект», (<https://zakupki.kontur.ru/0129200005320000694?ysclid=178xrees9u343868287>).

8. ГСИ. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость – площадь». Методические указания. МИ 1759-87. – М. : Издательство стандартов, 1987.

9. «Расчистка ерика Чайка на территории Волго-Ахтубинской поймы в Среднеахтубинском муниципальном районе Волгоградской области». Проектная документация. ЗАО «Волговодпроект», (<https://zakupki.kontur.ru/0129200005317001323?ysclid=178xoqclt562207290>).

10. Истомина, А. П. Оценка современного состояния водных объектов на территории Волгоградской области / А. П. Истомина, А. С. Межевова // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2 томах: Южный федеральный университет. – Новочеркасск : Лик, 2023. – Т. 2. – С. 215–220.

11. Гидрологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы на примере Краснослободского тракта / А. П. Истомина, М. В. Болгов, А. Г. Жихарев [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023. – № 3. – С. 3–10. – DOI: 10.32962/0235-2524-2023-3-3-10.

ПОСТУПЛЕНИЕ И ВЫНОС МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ЗА ПРЕДЕЛЫ КОНТУРА БОЛОТ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Калюжный И.Л.

Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия, hfl@mail.ru

На единицу площади болота в среднем за год поступает 13,0 т/км² минеральных компонентов. Аккумуляция этих компонентов в торфяной залежи составляет 2,3 т/км² в год, или 17,7 % от выпавших. Содержания органического вещества в водах грядово-мочажинного комплекса в среднем равно 140,3 мг/дм³, изменяясь от 68,2 до 200,8 мг/дм³. Модуль убыли органического вещества с комплекса равен 38,2 т/км. Его русловой сток в среднем за год составляет 12,5 т/км².

The entry and removal of mineral and organic components beyond the boundaries of the Kola Peninsula swamps

Kalyuzhny I.

On average for a year mineral components income per bog area unit amounts to 13.0 g/km². Accumulation of mineral components within a peat deposits, is equal to 2.3 g/km² per year or 17.7 % from the fallen ones. Organic substance within a water of a hummock-ridge complex is equal in average to 140.3 mg/dm³, varying from 68.2 to 200.8 mg/dm³. Module of organic substance decrease within the complex is equal in average to 38.2 g/km². Its annual channel flow comes out at 12.5 g/km².

В основу исследования процесса формирования стока растворенных веществ на болотах Кольского полуострова положены материалы наблюдений специализированной болотной станции Пулозеро Мурманского УГМС. Комплексные гидрометеорологические, гидрофизические и наблюдения за химическим составом поверхностных вод и атмосферных осадков, производились на мезоолиготрофном Пулозерском болоте, типичным болоте Финско-Кольской провинции северной тайги и лапландских аапа [1]. Наблюдения регламентированы Наставлением болотных станций Росгидромета [2], что позволяет выявить особенности формирования водного баланса болота, химического состава болотных и атмосферных вод.

В процессе исследований отобрано 540 проб болотных вод и атмосферных осадков, которые были проанализированные в лаборатории Мурманского УГМС.

Наблюдения за химическим составом атмосферных осадков производились с 1981 по 1993 г. Установлено, что содержание ионного состава атмосферных осадков на протяжении года существенно различается. При средней величине рН равной 5,93, атмосферные воды близкие к нейтральным, но в некоторых случаях изменяются от слабокислых (рН-4,62) до слабощелочных (рН-7,30). Отдельные выбросы, в основном, обусловлены приходом минеральных компонентов со стороны моря (ионы хлора до 49,1 мг/дм³ и сульфатного иона до 46,4 мг/дм³), вызывают значительное увеличение общей минерализации в теплый период года (78,6 и 84,9 мг/дм³) и повышают среднее годовое ее значение до 23,7 мг/дм³. В теплый период года в осадках увеличивается содержание Ca²⁺, Mg²⁺ и кремния. Содержание фосфатов достигает 0,095 мгР/дм³. Наличие гидрокарбонатного иона (НСО₃⁻) в атмосферных осадках и болотных водах наблюдается только при рН более 5,0.

Анализ содержания главнейших ионов в осадках (табл. 1) показывает значительную их изменчивость. Средние значения анионов и катионов в разы меньше их максимальных значений. Превышение максимальных величин катионов над их средними значениями наблюдается в пределах от 2,6 до 7,1 раза, анионов – от 7,6 до 12. Наибольшей изменчивостью характеризуются биогенные вещества – до 34. Коэффициент вариации (Сv) этих рядов (125–138 членов в ряде) практически всегда значителен и изменяется от 0,88 до 4,68. Минимальное значение всех главнейших ионов равно аналитическому нулю.

Среднемесячные величины минерализации атмосферных осадков изменяются в пределах от 3,4 до 114,9 мг/дм³, а их среднегодовая минерализация равна 26,8 мг/дм³. Повышенная минерализация наблюдается в холодный период. В среднем – до 30 мг/дм³. В годовом ходе господствующих ионов наблюдается два максимума, в апреле – мае и в октябре – ноябре. В отдельные годы максимумы сдвигаются на более поздний срок. Отметим при этом, что и годовой ход ионов в водах болот аналогичный, но зимний максимум в них объясняется вытеснением ионов кристаллами льда при промерзании торфяной залежи [3].

Таблица 1 – Средние многолетние значение содержания главнейших ионов в атмосферных осадках и в водах ручья, дренирующего болото Пулозерское.

Величина	Содержание главнейших ионов, мг/дм ³										
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Сумма
	Атмосферные осадки										
Среднее	4,0	1,20	2,00	0,9	1,30	6,30	6,20	5,60	0,44	0,10	28,0
Max	26,8	8,50	5,30	2,60	20,7	56,1	49,1	67,4	5,80	3,40	158
Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40
Сv	1,16	1,19	0,89	1,0	2,50	1,40	1,25	1,51	1,54		0,88
	Русловые воды ручья										
Среднее	4,1	1,70	2,40	1,21	0,102	12,5	5,77	8,07	0,113	0,013	35,7
Max	8,23	3,58	4,97	3,50	0,600	19,1	19,6	29,0	0,550	0,057	78,5
Min	2,76	0,72	2,03	1,0	0,005	5,67	2,10	3,30	0,000	0,000	22,3

Установлено, что начиная с 1980–1981 гг. на болотах северо-запада и севера России, под влиянием изменения климата, происходят изменения гидрологического режима во всех его фазах [4]. Средние годовые величины осадков за период наблюдений на Пулозерском болоте, с 1966 по 1993 г., увеличились на 9 %.

Стагнация промышленного производства и увеличение количества выпадающих осадков, обуславливает и уменьшение содержания минеральных компонентов в их водах. Тренд уменьшения годовых величин минерализации (М, мг/дм³) описывается уравнением

$$M = -0,1609\tau + 39,5,$$

где τ – порядковый номер временного ряда начиная с апреля 1981 г.

При коэффициенте корреляции равном 0,342 и $\delta = 0,071$ тренд отрицательный и статистически значим с 95 % уровнем надежности [5]. Уменьшение годовых величин минерализации составляет в среднем около 0,20 мг/дм³.

Годовой модуль прихода растворенного химического вещества ($P, \text{т/км}^2$) атмосферными осадками ($O_r, \text{мм за год}$) на поверхность болота определялся по формуле

$$P = M_{\text{ср.}} \cdot O_r \cdot K,$$

где $M_{\text{ср.}}$ – средняя годовая концентрация химического вещества в осадках, мг/дм^3 ; $K = 10^{-3}$ – коэффициент пересчета размерностей дм^3 в км^3 и мг в тонны.

Модуль прихода растворенного химического вещества на поверхность болота, при среднемноголетней годовой минерализации осадков равной $26,8 \text{ мг/дм}^3$ и среднегодовой величине осадков, равной 487 мм , равен 13 т/км^2 . Ежегодные величины прихода, за период с 1981 по 1993 г., изменяются в широком диапазоне, от $4,8$ до $30,3 \text{ т/км}^2$. При площади болотного массива Пулозерское, $5,8 \text{ км}^2$, в среднем за год выпадает $75,4 \text{ т}$ водорастворимых минеральных компонентов.

Комплексные гидрометеорологические наблюдения на болотном массиве Пулозерский позволили детально изучить гидрохимический режим и химический состав вод болотных микроландшафтов. Установлена их тесная зависимость от гидрометеорологического режима болота [1, 3]. В табл. 1 приведены средние многолетние и экстремальные значения главных ионов в водах ручья, дренирующего болотный массив.

Результаты сравнения средних величин главных ионов в атмосферных осадках и в водах ручья практически однозначно показывают, что в водах ручья их концентрация большая, чем в осадках. Превышение ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} всего на $0,11-0,50 \text{ мг/дм}^3$, Cl^- и HCO_3^- существенно выше и только содержание SO_4^{2-} в осадках увеличивается на $0,43 \text{ мг/дм}^3$. Отсюда общее содержание минеральных компонентов в водах ручья ($35,7 \text{ мг/дм}^3$) больше, чем в осадках (28 мг/дм^3) на $27,5 \%$. Повышенное содержание минеральных компонентов в водах ручья объясняется тем, что при выпадении атмосферных осадков не учитывается часть пыли, которая выпадает на поверхность болота, частично диссоциирует и в растворенном виде поступает в русло ручья. Вторым, вероятным вариантом этого увеличения, является влияние более минерализованных вод грунтового стока. В меженный период года несколько возрастает доля грунтового стока с болота, что и оказывает определенное влияние на минерализацию вод руслового стока.

Так же, как и во временном ряду минеральных компонентов в атмосферных осадках, существует тренд уменьшения средней годовой величин минерализации вод ручья. Тренд уменьшения месячных величин минерализации вод ручья ($M_p, \text{мг/дм}^3$) описывается уравнением вида

$$M_p = 50,179e^{-0,007\tau},$$

где τ – порядковый номер временного ряда начиная с апреля 1981 г.

При коэффициенте корреляции, равном $0,394$ и $\delta = 0,076$, тренд отрицательный и статистически значимый с 95% уровнем надежности. Уменьшение средней годовой величины минерализации составляет около $0,263 \text{ мг/дм}^3$ в год.

Сток с болота происходит фильтрационным путем, по деятельному слою болотных микроландшафтов, в сторону дренирующего водотока. Полный сток с болота определяется величиной климатического стока. Он численно равен годовой сумме атмосферных осадков за вычетом величины испарившейся влаги. Модуль полного стока химических веществ с болота ($G_{\text{кс}}, \text{т/км}^2$) определялся с учетом среднемноголетней величины климатического стока ($L, \text{мм}$) и среднегодовой минерализации болотных вод ($M_{\text{ср.}}, \text{мг/дм}^3$ в год).

Расчет полного стока химических веществ с болота определялся по известной формуле

$$G_{\text{кс}} = L \cdot M_{\text{ср.}} \cdot K,$$

где $K = 10^{-3}$ – коэффициент пересчета размерностей дм^3 в км^3 и мг в тонны.

Русловой сток определялся по замыкающему гидрометрическому створу на ручье, который дренирует болотный массив. Расчет модуля руслового стока химического вещества ($P, \text{т/км}^2$) рассчитывается по формуле

$$P = M_{\text{ср.}} \cdot Y \cdot K,$$

где Y – слой руслового стока, мм .

Среднегодовой слой климатического стока равен 267 мм ; слой руслового стока – $390,4 \text{ мм}$.

Годовые значения полного стока минеральных компонентов, за период наблюдений с 1981 по 1990 г., изменялись в пределах от 4,56 до 31,0 т/км². В этот же период времени модуль руслового стока изменялся от 6,91 до 32,4 т/км².

Установлено, что средний годовой модуль руслового стока (14,8 т/км²) на 38 % превышает модуль полного стока (10,7 т/км²) с болотного массива. Дополнительный приток составляет 4,1 т/км². Это возможно в случае, если при формировании руслового стока грунтовые воды в межень подпитывают болото.

Результаты сравнения величины поступления на болото минеральных компонентов с атмосферными осадками (13 т/км²) и модулем полного стока (10,7 т/км²) определяют величину аккумуляции этих компонентов в торфяной залежи. Аккумуляция минеральных компонентов составляет 2,3 т/км² в год, или 17,7 % от выпавших.

В водах олиготрофных и мезоолиготрофных болот содержится значительное количество органического вещества. Величину его содержания в воде определяют по затратам кислорода при окислении органики бихроматным методом. Зависимость содержания органического вещества (Q, мг/дм³) от его бихроматной окисляемости (θ , мгО/дм³), в виде уравнения $Q = 0,89\theta$, коэффициент корреляции которого равен 0,98.

Установлено, что среднемноголетняя величина бихроматной окисляемости для вод кустарничково-лишайникового микроландшафта и грядово-мочажинного комплекса, соответственно, равны 141,9 мгО/дм³ и 168,2 мгО/дм³. В водах грядово-мочажинного комплекса она изменяется в пределах от 76,6 до 225,6 мгО/дм³ [6].

Для русловых вод ручья, дренирующего болото, эта величина существенно меньшая (от 18,9 до 51,7 мгО/дм³), так как часть органического вещества поглощается залежью, а другая – разбавляется грунтовыми водами и участвует в формировании руслового стока.

В табл. 2 приведена оценка содержания и выноса органического вещества с болотного микроландшафта. Содержание его в водах грядово-мочажинного комплекса в среднем составляет 140,3 мг/дм³, изменяясь при этом от 68,2 до 200,8 мг/дм³. Тогда модуль стока органического вещества с грядово-мочажинного комплекса в среднем равен 38,2 т/км².

Воды этого комплекса, формирующие сток с болота, в среднем содержат 30,8 мг/дм³ органического вещества, изменяясь за период наблюдений от 16,8 до 46,0 мг/дм³. Содержание его в русловых водах в среднем в 4,5 раза меньше, чем в болотном микроландшафте. Модуль руслового выноса в среднем составляет 12,5 т/км², что значительно меньше (в 3 раза) полного выноса с болота.

Согласно работе [6], модуль выноса органического вещества с болота Ламмин-Суо (северо-запад России) русловым стоком равен 14,14 т/км². Полученные нами результаты по болотам Пулозерское и Ламмин-Суо позволяют предположить, что модуль выноса русловым стоком в зоне олиготрофных болот не будет значительно превышать полученные величины.

Разность между модулем полного стока органического вещества с болотного микроландшафта (38,2 т/км²) и модулем его руслового выноса, определяет величину аккумуляции органики в торфяной залежи болота. Она равна 25,7 т/км², что составляет 67,3 % от органического вещества, образовавшегося в микроландшафте [7].

Таблица 2 – Содержания и полный сток органического вещества с болотного массива

Годы	Бихроматная окисляемость, мгО/дм ³	Органическое вещество, мг/дм ³	Климатический и русловой сток, соответственно мм	Модуль стока, т/км ²
Вынос стоком органического вещества с микроландшафта				
Среднее	157,7	140,3	272	38,2
Наибольшее	225,6	200,8	462	64,7
Наименьшее	76,6	68,2	133	9,07
Вынос органического вещества русловым стоком				
Среднее	34,6	30,8	484	12,5
Наибольшее	51,7	46,0	652	19,0
Наименьшее	18,9	16,8	261	5,58

1. Калюжный, И. Л. Гидрохимический режим и химический состав вод мезоолиготрофных болотных массивов Кольского полуострова / И. Л. Калюжный // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2016. – № 3. – С. 114–125.
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрометеорологические наблюдения на болотах. – Л. : Гидрометеоиздат, 1990. – Вып. 8. – С. 360.
3. Калюжный, И. Л. Общие черты формирования гидрохимического режима и химического состава вод эвтрофных болотных массивов / И. Л. Калюжный // Водное хозяйство России. – 2016. – № 3. – С. 30–46.
4. Калюжный, И. Л. Влияние климатических факторов на гидроэкологию болот севера и северо-запада России / Калюжный И. Л., Лавров С. А., Романюк К. Д. // Сборник работ по гидрологии. – 2011. – № 28. – С. 106–127.
5. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определение их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб. : Нестор-История, 2010. – 162 с.
6. Калюжный, И. Л. Оценка выноса органического вещества водами олиготрофного болотного массива / И. Л. Калюжный // Метеорология и гидрология. – 1999. – № 11. – С. 98–105.
7. Калюжный, И. Л. Вынос минеральных компонентов и органического вещества водами болотных массивов Кольского полуострова / И. Л. Калюжный // Метеорология и гидрология. – 2022. – № 9. – С. 42–52.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТИПИЗАЦИЯ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА ГГИ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Католиков В.М., Католикова Н.И.

*Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия,
v.katolikov@mail.ru*

В дополнение к разработанной в ГГИ типизации русловых процессов предложена гидроморфологическая типизация русел рек, основанная на степени влияния ограничивающих условий на процессы руслоформирования. Предложено использовать обе классификации для разработки методологии ведения гидроморфологического мониторинга речных русел. Предложена также разработанная на этой основе методология экспертной оценки степени опасности деформаций речных берегов.

Improved hydromorphological classification of river channel processes of SHI and new possibilities for its practical application

Katolikov V., Katolikova N.

In addition to the classification of channel processes developed at the SHI, a hydromorphological classification of river channels has been proposed, based on the degree of influence of limiting conditions on the processes of channel formation. It is proposed to use both classifications to develop a methodology for conducting hydromorphological monitoring of river channels. A methodology for expert assessment of the degree of danger of river bank deformations, developed on this basis, is also proposed.

Расширение представлений о процессах руслоформирования и разработка практических приемов для прогнозирования русловых деформаций остается актуальной задачей. Развитие теоретических представлений в рамках разных научных школ неизбежно касается вопроса дискретности русловых процессов. Понятие «дискретность транспорта речных наносов и руслового процесса» было введено Н.Е. Кондратьевым в начале 1950-х гг. [1, 2, 3, 4]. Оно легко вошло в мировоззренческие системы взглядов других исследователей и в научную литературу [5], поскольку отражало объективные законы механизма движения руслоформирующих наносов.

Выраженные через термины гидродинамики и геоморфологии, эти законы хорошо вписываются в основные положения теории развития открытых неустойчивых динамических систем и синергетики о циклическом преобразовании хаоса в порядок и обратно. Введение понятия «дискретности» разделило исследователей на два лагеря:

1) приверженцев методов математического моделирования русловых процессов, допускающих упрощенную модель взаимодействия потока и подвижного речного дна и механизма движения донных наносов, далекую от объективности;

2) приверженцев строгого учета объективной дискретности транспорта руслоформирующих наносов и русловых процессов.

Так, в рамках гидродинамического подхода к проблеме развития системы «поток – русло» полностью игнорируется понятие «дискретность» движения донных наносов. Подход основан на системе дифференциальных уравнений неразрывности и движения потока, речной поток здесь рассматривается как сплошная среда, в которой в процессе турбулентного движения совершается работа по вынужденному перемещению донных наносов в бесструктурной форме и изменению рельефа речного дна. При этом русловой рельеф рассматривается как «форма поверхности контакта (непрерывного или периодического) размываемых грунтов с движущейся жидкостью, изменяющая свою конфигурацию в результате взаимодействия» и являющаяся результатом «отображения поверхностью твердой среды (то есть грунтами, слагающими ложе) особенностей движения воды и перемещаемых ею наносов» [6]. В результате этого взаимодействия, или воздействия активной среды, рельеф речного русла (поверхность контакта) приобретает сложную волнообразную форму, которая сохраняет принцип континуальности руслового процесса» (непрерывности руслового потока, потока донных наносов и поля отметок речного дна) и может быть описана уравнениями движения и неразрывности потока, баланса твердого материала и учета непрерывности изменения основных руслообразующих факторов [6].

В рамках другого подхода к понятию «дискретность» волнообразный характер рельефа дна, формирующийся под воздействием турбулентного речного потока, и волнообразные морфологические образования разного структурного уровня рассматриваются как дискретные структуры руслового процесса [6, 7]. Априори принимается, что все они являются формами движения донных наносов, хотя доказать движение волновых форм низших порядков в качестве целостных морфологических образований не удастся даже в гидравлических лотках в экспериментах с подвижным дном.

Так многие исследования [6, 7], проведенные как в гидравлических лотках, так и на реальных реках, подтверждают, что действительно на дне потока формируются:

- грядовые формы движения донных наносов (по терминологии ГГИ);
- расположенные под грядами волны руслового рельефа.

Согласно гидроморфологической теории руслового процесса, грядовые формы движения донных наносов, переносят «массу» наносов. Тогда как волны, расположенные ниже, являются лишь формой границы раздела между водным потоком и инертными донными отложениями и в транспорте наносов не участвуют,

Динамическое различие этих волновых форм речного дна проявляется и в форме их взаимодействия с речным потоком. Первые из них (гряды) активно воздействуют на гидравлические характеристики потока и его кинематическую структуру, а вторые такого влияния не оказывают и только отражают внутренние волновые свойства турбулентного потока. Это дает основание сомневаться в правомерности объединения в единую систему систематизации и расчета форм транспорта донных наносов волн руслового рельефа разного генезиса.

Диалектическим подходом к содержанию понятия «дискретность транспорта речных наносов и руслового процесса» является подход Н.Е. Кондратьева, который рассматривает русловой процесс «как результат взаимодействия активной среды (жидкости), способной совершать работу, и пассивной среды (речных наносов), сопротивляющейся движению потока. Взаимодействие указанных сред происходит под действием сил и факторов, как организующих, так и дезорганизующих это движение (единство и борьба противоположностей)» [1, 4]. В силу этого, в процессе развития системы «речной поток – речные наносы» чередуются стадии упорядоченного и стадии хаотического движения и взаимодействия, при

этом движение обеих сред осуществляется в дискретных взаимообусловленных формах, сменяющих друг друга скачкообразно, и «дискретность» выступает не как альтернатива «непрерывности», а как дополнение, восстанавливающее объективное единство прерывного и непрерывного.

Неотъемлемым элементом дискретности движения руслоформирующих наносов является пространственная целостность морфологических объектов, возникающих при движении массы наносов. Эта целостность исключает возможность произвольного, случайного деления их на части. «Такое деление было бы разрушением объекта. Вместе с тем... эти объекты состоят из сочетания целостных же элементов меньшего размера, находящихся на низшем структурном уровне. Они обладают свойствами, которые могут отличаться от свойств образуемого ими объекта более высокого структурного уровня. Возникает иерархия структурных уровней, на каждом из которых действуют свои законы и развиваются свои процессы» [2].

В созданной Н.Е. Кондратьевым и И.В. Поповым гидроморфологической теории русловых процессов (ГМФТ), развиваемой в ГГИ [3, 8], выделяются четыре структурных уровня русловых переформирований – уровень отдельной частицы (бесструктурная форма движения донных наносов), уровень микроформ (гряд), уровень средних русловых форм (мезоформ) и уровень макроформ (излучин и пойменных массивов).

В полной мере дискретность и целостность форм транспорта донных наносов проявляется на двух структурных уровнях – на уровнях микро- и мезоформ. На более высоком структурном уровне, уровне макроформ, механизм формирования которых гораздо более сложный, чем просто поступательное движение донных наносов, пространственная составляющая понятия «дискретность» и «целостность» по значимости уступает ее временной составляющей, и здесь классификации или структуризации русловых процессов должны строиться уже по иным признакам.

Поскольку содержанием руслового процесса является транспорт донных наносов, то дискретность этого транспорта определяет дискретный характер руслового процесса в целом.

В развитие этого постулата в рамках ГМФТ детально проработана система морфологических форм и их измерителей, целостность которых является базовой основой для визуального определения типа русла и типовых схем русловых переформирований и доминирующих форм движения донных наносов. Всего в классификации типов руслового процесса ГГИ [8] выделены 7 типов, учитывающие особенности руслового процесса равнинных рек плюс 2 типа для горных рек, которых достаточно, чтобы отразить все многообразие схем деформаций рек, пребывающих в состоянии динамического равновесия.

Но далеко не все водотоки в природе пребывают в этом состоянии, и объективно возникает необходимость систематизировать и остальные реки. Для этого в ГГИ предложена дополнительная гидроморфологическая типизация русел рек (табл. 1), в основе которой лежит степень влияния ограничивающего фактора на гидравлику потока в разные фазы водности. При наиболее интенсивном его влиянии (тип I), деформации русла случайны, не носят закономерного циклического характера, при наименее интенсивном влиянии (тип III) – деформации проявляются в свободном развитии макроформ речного русла (пойменных массивов и излучин) и отражают сложный механизм транспорт всех речных наносов (руслоформирующих и взвешенных). При средней степени влияния ограничивающих факторов (тип II) – деформации проявляются на уровне внутрирусловых переформирований при прохождении руслонаполняющих расходов воды [9].

Таблица 1 – Гидроморфологическая типизация речных русел

Характеристика типа	Характеристика подтипа
I Орографическое меженное русло, Склоны долины и породы, заполняющие ее дно, определяют	1. Дно и береговые склоны русла сложены трудно размываемыми коренными или осадочными породами. Пойма отсутствует, в извилистости русла нет закономерности. В русле происходят локальные и необратимые деформации, обусловленные эрозионными процессами на склонах долины и механическими размывами берегов. Перемещение обломочного материала со склонов долины реки

Характеристика типа	Характеристика подтипа
размеры и форму как паводочного, так и меженного русла реки	происходит во взвешенном состоянии, в бесструктурной или грядовой форме
	2. Характеристики меженного русла реки определяются унаследованными крупнофракционными аллювиальными отложениями, сформированными не современным, а потоком гораздо большей водности. Русла незначительно врезаны в эти аллювиальные толщи, их орографией определяются плановые очертания меженного русла. Деформации дна и берегов русла локальны, необратимы и не являются проявлением транспорта руслоформирующих наносов, это перемещение отдельных фракций аллювия в бесструктурном виде и формирование аккумулятивных форм, плановое положение которых определяется конфигурацией устойчивого русла
	3. Участки речных русел с заболоченными поймами или заболоченными днищами долин. Русло реки пролегает в толще массивов, сложенных торфами, залегающих на плотных суглинках. Процессы болотообразования на прилегающих к руслу и регулярно затопливаемых территориях преобладают над процессами руслоформирования. Русло врезанное, с бессистемной извилистостью, которая определяется локальными чертами болотного массива. Деформации берегов незначительны. Транспорт наносов (песчаных) мало интенсивен, осуществляется в бесструктурной и редко в грядовой форме
II Орографическое паводочное русло (узкая долина). Склоны долины определяют размеры и форму русла реки при высокой водности	Пойма реки отсутствует, или развита локально. В периоды половодий и паводков происходит активный транспорт руслоформирующих наносов в виде мезоформ. Эти мезоформы паводочного русла реки определяют размеры и форму русла меженного. Русловые процессы развиваются по ленточно-грядовому, побочневому, осередковому типам и по типу долинного блуждания на горных реках по классификации типов руслового процесса ГГИ
III Русла с поймами в собственных отложениях, характеризующиеся морфологической однородностью и циклическим развитием плано-стационарных пойменных массивов и транспортом донных наносов в виде микроформ с формированием подводных элементов пойменных массивов	1. Склоны долины оказывают ограничивающее влияние на поток и на формирование пойменных массивов при прохождении половодий и паводков. Транспорт донных руслоформирующих наносов осуществляется в виде микроформ с формированием подводных элементов пойменных массивов (пляжей и перекатов). При затоплении пойм происходит отложение взвешенных наносов на поверхности пойменных массивов и формирование пойменной фации аллювия. Процессы руслоформирования развиваются по типу ограниченного меандрирования и по типу русловой многорукавности
	2. Склоны долины практически не оказывают влияния на плано-ста-ционарное развитие излучин и формирование пойменных массивов (минимальное проявление ограничивающего фактора руслового процесса). Транспорт руслоформирующих наносов в виде микроформ (пляжей и перекатов). При затоплении пойм происходит отложение взвешенных наносов на поверхности пойменных массивов и формирование пойменной фации аллювия. Процессы руслоформирования происходят по типу свободного меандрирования, незавершенного меандрирования и пойменной многорукавности (равнинной и горной)

Предложенная типизация речных русел, в совокупности с почти 70-летним опытом применения разработанной в рамках ГМФТ типизации руслового процесса позволяет решать множество практических задач, связанных с инженерным строительством в речных руслах и на речных поймах. Но в настоящее время при активном использовании речных русел и около речных пространств возникли новые проблемы, связанные с охраной водных объектов от негативного воздействия антропогенной деятельности.

В РФ эта проблема решается в рамках системы государственного мониторинга морфологического состояния дна и берегов водных объектов, методика проведения которого,

утвержденная МПР, полностью базируется постулатах ГМФТ и на использовании разработанных в ГГИ гидроморфологических классификаций речных русел и типов руслового процесса. Установление типа речного русла и типа руслового процесса на первом этапе мониторинга позволяет установить естественные схемы деформаций речных русел и доминирующие дискретные и целостные формы движения руслоформирующих наносов на участках предполагаемого воздействия инженерных сооружений и мероприятий и проводить контроль за параметрами этих форм и схем деформаций речного русла.

Еще одной современной задачей освоения речных русел является оперативная экспертная оценка степени опасности размыва речных берегов на селитебных участках для принятия управленческих решений по защите населения. Для этого в ГГИ разработана классификация участков деформаций речных русел на основе типизации речных русел и типов русловых процессов, в рамках которой интенсивность размыва берега оценена на качественном уровне для каждого типа русла и типа русловых процессов из указанных классификаций.

Принято, что самая большая интенсивность плановых деформаций приурочена к вогнутым берегам всех типов русел, но наибольшая – к пойменным берегам русел III типа, пролегающих в размываемых аллювиальных отложениях. При этом, среди пойменных типов руслового процесса наибольшая интенсивность деформаций характерна для вершин излучин свободного и ограниченного меандрирования (та часть вершины, которая приурочена именно к пойменному берегу, сползающая вниз по течению). Самая малая интенсивность плановых деформаций характерна для вогнутых коренных или сложенных унаследованным аллювием берегов орографических врезанных русел I типа.

В целом степень интенсивность плановых деформаций берегов с учетом типа русла из табл. 1 разбита на 7 градаций и ранжирована по убыванию с индексами от 1 до 7. Такая последовательность наиболее адекватно отражает природную связь «тип русла – тип руслового процесса – интенсивность плановых деформаций берегов». Степени опасности плановых деформаций назначается на основе этой связи и разбита на 6 градаций (табл. 2).

Таблица 2 – Гидроморфологическая типизация опасности плановых деформаций

Индекс интенсивности деформаций	Участки деформаций	Тип руслового процесса	Степень опасности
III ₁	Пойменные вогнутые берега в вершинах излучин	Свободное и ограниченное меандрирование	Чрезвычайно опасная
III ₂		Незавершенное меандрирование и пойменная многорукавность	Весьма опасная
III ₃	Пойменные берега в точках перегиба излучин	Ограниченное, свободное и незавершенное меандрирование	Опасная
III ₄	Выходы унаследованных и коренных пород на вогнутых берегах в вершинах излучин	Ограниченное, свободное* и незавершенное* меандрирование	Умеренно опасная
III ₅	Коренные или унаследованные берега паводочного русла	Горная пойменная многорукавность, долинное блуждание, , русловая многорукавность, осередковый тип	
III ₆		Побочневый и ленточно-грядовый	Мало опасная
I ₇	Коренные или унаследованные берега орографических врезанных русел	Отсутствие типа РП, Бесструктурный и структурный транспорт донных наносов	Неопасная

Список литературных источников

1. Кондратьев, Н. Е. Условия непрерывности и дискретности в применении к русловому потоку / Н. Е. Кондратьев // Метеорология и гидрология. – 1951. – № 12. – С. 36–41.
2. Кондратьев, Н. Е. О дискретности русловых процессов / Н. Е. Кондратьев // Проблемы русловых процессов. – Л. : Гидрометеиздат, 1953. – С. 32–42.
3. Русловой процесс / Кондратьев Н. Е. [и др.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1959. – 372 с.

4. Кондратьев, Н. Е. Русловые процессы и деформации берегов водохранилищ / Н. Е. Кондратьев. – СПб. : Знак, 2000. – 257 с.
5. Чалов, Р. С. Русловедение: теория, география, практика / Р. С. Чалов. – М. : ЛКИ, 2008. – Т. 1 : Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. – 608 с.
6. Сидорчук, А. Ю. Структура рельефа речного русла / А. Ю. Сидорчук. – СПб. : Гидрометеоздат, 1992. – 126 с.
7. Алексеевский, Н. И. Формирование и движение речных наносов / Н. И. Алексеевский. – М. : МГУ, 1998. – 202 с.
8. Кондратьев, Н. Е. Основы гидроморфологической теории руслового процесса / Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Смищенко Б. Ф. – Л. : Гидрометеоздат, 1982. – 272 с.

УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ КАК РЕСУРСА В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Китиков В.О., Барановский И.В.

*Государственное научное учреждение «Институт жилищно-коммунального хозяйства
Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь, kitsikau@mail.ru*

Рассматриваются вопросы инновационной модернизации водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) Республики Беларусь, определяющие в конечном итоге условия эффективного использования воды как ресурса. Приоритетом является техническая/технологическая модернизация, базирующаяся на внедрении современных средств, методов и технологий (автоматизированные системы управления технологическими процессами, геоинформационные системы, цифровые технологии), способствующих экономии водных ресурсов и обеспечению экологической безопасности. Важным аспектом эффективного использования водных ресурсов в контексте снижения потерь воды и повышения качества услуг ВКХ, является цифровизация процессов.

Conditions for the effective use of water as a resource in housing and communal services

Kitikov V., Baranovsky I.

The article deals with the issues of innovative modernization of the water supply and sewerage system of the Republic of Belarus, which ultimately determine the conditions for the effective use of water as a resource. The priority is technical/technological modernization based on the introduction of modern tools, methods and technologies (automated process control systems, geoinformation systems, digital technologies) that contribute to saving water resources and ensuring environmental safety. Digitalization of processes is an important aspect of efficient use of water resources in the context of reducing water losses and improving the quality of water utilities services.

Введение

Водопроводно-канализационное хозяйство (ВКХ) Республики Беларусь – крупный отраслевой комплекс, в котором функционирует более 10 тысяч артезианских скважин, 931 станция обезжелезивания, 1300 эксплуатируемых очистных сооружений, 261 сооружение искусственной биологической очистки сточных вод, 39,4 тыс. км. водопроводных сетей и 18,5 тыс. км канализационных сетей.

Обеспеченность населения централизованными системами водоснабжения в целом составляет 91,0 %, водоотведения (канализации) – 78,8 %, что соответствует уровню передовых промышленно развитых стран мира [1, 2].

Достижение поставленных целей зависит от многих аспектов, в том числе инновационной модернизации ВКХ и перехода на новый технологический уровень.

Главные ориентиры и укрупненные целевые параметры нового технологического уровня ВКХ Беларуси, это:

- минимизация удельных затрат в основных процессах;
- создание условий для повышения рентабельности и конкурентоспособности предприятий ВКХ.

Стоит отметить основные группы проблем, сдерживающих переход ВКХ на новый уровень:

- технологические/кадровые (высокий уровень износа инженерных сетей и сооружений; низкий уровень автоматизации технологических процессов; несогласованность нормативных правовых актов; проблемы эффективности использования и уровня подготовки кадрового состава;
- структурно-экономические (ведомственная разобщенность; наличие непрофильных активов на балансе предприятий ВКХ; эффективность структуры предприятий и объединений;
- финансово-экономические (недостаточный объем инвестиций в модернизацию систем водоснабжения и водоотведения; наличие неучтенных расходов и потерь воды; уровень рентабельности и конкурентоспособности.

Для достижения целей, предусмотренных планами социально-экономического развития страны, отечественное ВКХ нуждается в инновационной модернизации, которая в отличие от традиционной технологической модернизации (плановая замена устаревших процессов и оборудования) предполагает использование новейших знаний, выработанных смежными науками для повышения качества и производительности основных процессов и оборудования.

Основная часть

В настоящее время в Республики Беларусь ведется системная работа по аккумулярованию передовых национальных и мировых достижений научно-технического развития, мобилизации научного потенциала (научно-исследовательских учреждений и учреждений образования, институтов, центров, производственных предприятий и других подразделений, осуществляющих НИОК(Т)Р) для совместного решения прикладных задач в области ВКХ.

Актуальными являются следующие комплексные вопросы:

- определение потребности отрасли ВКХ в новых технологиях;
- поиск и содействие развитию приоритетных научно-технических проектов по проблемам ВКХ;
- налаживание сотрудничества научных организаций и производственных предприятий в целях продвижения совместных инициатив и проектов;
- выявление барьеров, препятствующих научно-техническому развитию ВКХ, и выработка рекомендаций по их устранению;
- содействие совершенствованию документов по вопросам научно-технической и инновационной деятельности;
- популяризация и содействие внедрению инновационных разработок;
- мониторинг результатов научно-технической и инновационной деятельности в сфере ВКХ.

О факторе информатизации процессов. Важным фактором инновационной модернизации ВКХ является широкое внедрение информационно-коммуникационных технологий: развертывании инфраструктуры ГИС-систем, облачных технологий; технологии IoT; технологии искусственного интеллекта в управлении водоснабжением и водоотведением (Приоритеты научно-технологического и инновационного развития [3, 4]). Концептуальная схема диспетчеризации управления водными ресурсами представлена на рис. 1.

Это обеспечит:

- улучшение прослеживаемости и учета статистики и динамики движения воды в технологических процессах водоснабжения и водоотведения, в том числе в реальном масштабе времени;
- снижение потерь воды на всех стадиях ее использования;
- оптимизацию расхода ресурсов всех видов на подготовку и подачу воды потребителям;
- улучшение прослеживаемости связи между водопользованием и состоянием природных биологических и гидрологических систем на территории Республики Беларусь;

- улучшение управления количественным, качественным и пространственно-временным балансом изымаемой из природного кругооборота и возвращаемой в природный кругооборот воды в целях ее сохранения и воспроизводства;
- формирование и активное продвижение идеологических установок на рациональность водопользования, отвечающих насущным требованиям экологии, охраны окружающей среды и сбережения ресурсов природной пресной воды;
- минимизация неблагоприятного воздействия на окружающую среду и постепенного улучшения экологического состояния водных ресурсов страны.

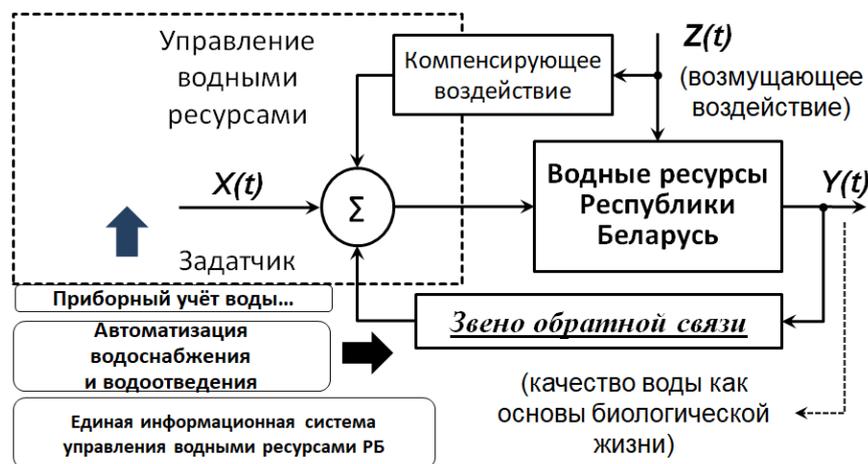


Рисунок 1 – Концептуальная схема диспетчеризации управления водными ресурсами

На качество питьевого водоснабжения населения влияют многие факторы, в том числе применяемая технология водоподготовки, техническое состояние сооружений и инженерных сетей, по которым вода подается после очистки потребителю: водопроводные сети некоторых городов эксплуатируются с нулевыми или близким к нулевым скоростями это и создает проблему вторичного загрязнения.

Согласно СН 4.01.01-2019 «Строительные нормы Республики Беларусь. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», п. 4.4, а ранее Т КП 45-4.01-320-2016, п. 4.4, «Проектирование систем питьевого водоснабжения» следует осуществлять с учетом развития систем водоотведения с обязательным определением и анализом водохозяйственного баланса населенных пунктов и обязательной разработкой схем водоснабжения населенных пунктов», которые, в свою очередь, являются программой реализации систем водоснабжения и водоотведения [5].

Поэтому важным является создание информационных пространственно-временных моделей и цифровых двойников систем водоснабжения (ГИС-систем), в которых указывается информация об объектах водоснабжения (водозаборах, станциях водоподготовки и применяемых технологиях очистки воды, насосных станциях, существующих и проектируемых инженерных сетях и сооружениях, расположении потребителей. В ГИС-системах данные представляются в электронном виде и позволяют осуществлять быстрый анализ, оценку информации и мониторинг состояния сетей и сооружений в режиме реального времени [6].

Важное свойство цифрового двойника заключается в том, что он должен быть постоянно обновляемым представлением реального физического процесса. Цифровой двойник – это динамическая, а не статическая модель реального объекта. При его эксплуатации информация с датчиков (мобильные, стационарные контрольные точки мониторинга манометрического давления и расхода), отчеты от пользователей и другие данные непрерывно передаются цифровому двойнику. Ответом из виртуального пространства в реальное становятся различные прогнозы и оценки, которые могут использоваться для улучшения работы и обслуживания реального объекта.

Примеры задач научного обеспечения ВКХ. В настоящее время отсутствует объективный учет хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на очистные сооружения населенных пунктов – их объем от населения определяется расчетным методом – 100 % объема водопотребления. От абонентов (субабонентов), как правило, он также осуществляется

расчетным методом, что зачастую несопоставимо с объемами воды, использованными абонентами и потребителями на хозяйственно-питьевые нужды.

Промышленные предприятия характеризуются существенным водопотреблением, и на них образуются значительные объемы загрязненных производственных сточных вод, которые, как правило, отводятся в централизованную систему водоотведения (канализации) городов.

Кроме того, зачастую производственные сточные воды предприятий характеризуются сложным и непостоянным составом, присутствием токсичных компонентов, нестабильностью основных параметров, которые дестабилизируют технологический режим работы очистных сооружений, препятствуют адаптации активного ила к загрязняющим веществам. На практике качественный состав производственных сточных вод может меняться в значительной степени в течение суток (рис. 2).

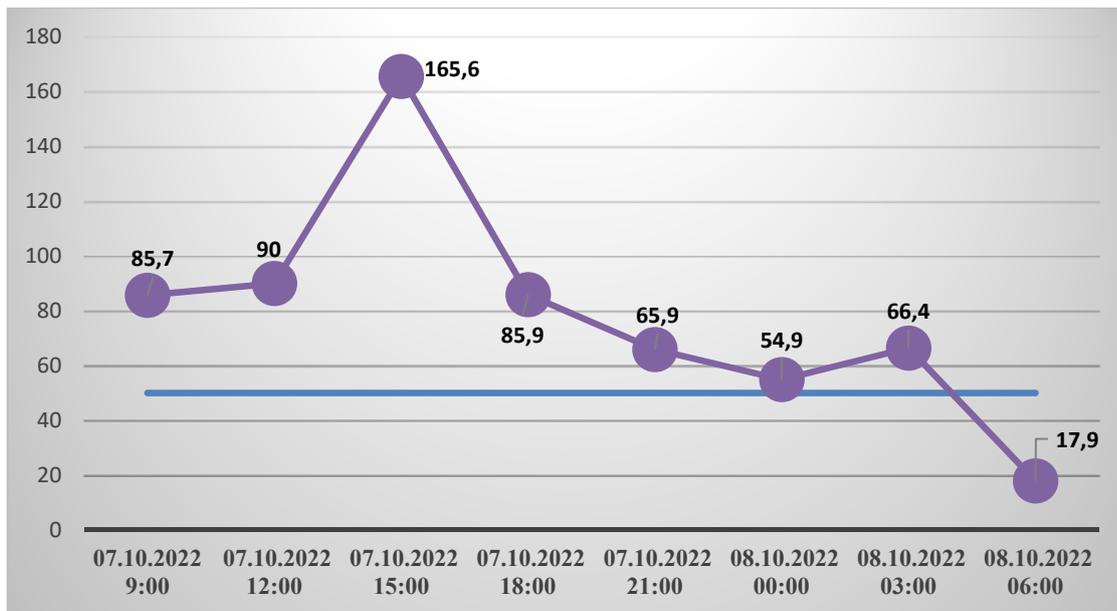


Рисунок 2 – Динамика показателей аммиака и ионов аммония в производственных сточных водах в течение суток (наблюдения 07.10.2022–08.10.2022, Барановичи, ОАО «БХПО»)

Условия сброса производственных сточных вод в централизованную систему водоотведения (канализации) определяются Правилами пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах» (далее – Правила) [7]. Правилами также устанавливаются основные требования к производственным сточным водам и порядку лабораторного контроля за качественным составом производственных сточных вод. Контроль качества хозяйственно-бытовых сточных вод не осуществляется в связи с отсутствием требований к нормированию хозяйственно-бытовых сточных вод.

Помимо требований Правил, условия сброса сточных вод в централизованную систему водоотведения (канализации) в каждом городе регулируются Инструкцией об условиях приема сточных вод в централизованную систему водоотведения (канализации), утвержденной местными исполнительными и распорядительными органами для конкретного населенного пункта, которая разрабатывается с учетом состояния городских канализационных сетей, очистных сооружений, водоема – приемника очищенных сточных вод. Данная норма также содержится в СН 4.01.02-2019 «Строительные нормы Республики Беларусь. Канализация. Наружные сети и сооружения» [8].

Согласно Правил, периодичность контроля за качественным составом производственных сточных вод – не реже одного раза в полугодие.

Решение проблемы возможно созданием и внедрением на предприятиях ВКХ информационно-аналитической системы оперативного и распределенного контроля параметров водоотведения с использованием автоматизированных систем отбора проб и датчиков дистанционного контроля параметров сточных вод на канализационных сетях.

Одной из актуальных экологических проблем, которая является глобальной не только для предприятий ВКХ, но и для республики в целом – обращение с осадками сточных вод (рис. 3).

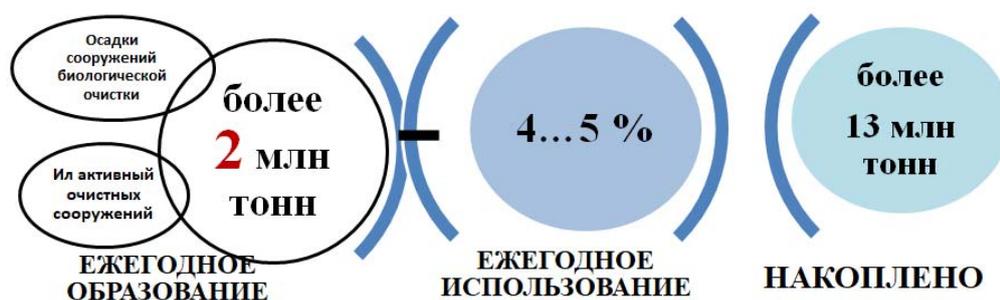


Рисунок 3 – Объемы образования и накопления осадками сточных вод в Республике Беларусь

Ведется разработка и готовится внедрение (Витебскводоканал) технологии переработки и хозяйственного использования осадка сточных вод (в рамках подпрограммы 4 государственной программы «Научно-инновационная деятельность НАН Беларуси»);

ГПНИ «Исследование физических, химических и биоэкологических характеристик осадков сточных вод и разработка приемов использования отходов с целью снижения антропогенного воздействия на окружающую среду»

Внедрение технологии позволит сократить количество осадков сточных вод, направляемых на иловые площадки на 5–10 %, увеличить объем переработки органической части твердых коммунальных отходов на 10 %, повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 5–10 %, снизить площади под складировемым осадком и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду

На основании исследований состава и свойств осадков сточных вод НАН Беларуси совместно с Госстандартом разрабатывается Проект Государственного стандарта Республики Беларусь СТБ ХХХ/ПР 1 «Органические удобрения, почвогрунты и субстраты для рекультивации с использованием осадков сточных вод. Общие технические условия»

Стандарт распространяется на органические удобрения, почвогрунты, субстраты для рекультивации (далее – удобрения, почвогрунты, субстраты), производимые с использованием осадков сточных вод, образующихся в процессе очистки хозяйственно-бытовых и городских сточных вод и соответствующих по своему составу отходам 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007.

Удобрения, почвогрунты ориентированы на применение в промышленном цветоводстве, сельском хозяйстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, субстраты – в зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, а также для рекультивации нарушенных земель и полигонов ТКО.

Заключение

ВКХ Республики Беларусь является крупным отраслевым комплексом, находящимся на пороге инновационной модернизации основных процессов, что обеспечит конкурентоспособность и устойчивое развитие предприятий.

Выделено три группы проблем, сдерживающих переход отечественного ВКХ на новый технологический уровень: технологические и кадровые, структурно-экономические и финансово-экономические проблемы. Решение комплексных проблем связано с реализацией государственной научно-инновационной и образовательной политикой в отрасли.

Научно-инновационная политика ВКХ требует комплексного подхода в планировании НИОКР, включающих государственные программы исследований (республиканский уровень) и отраслевые исследования и разработки (отраслевой уровень), а также создание научной инфраструктуры в отрасли.

Важным аспектом эффективного использования водных ресурсов в контексте снижения потерь воды и повышения качества услуг ВКХ, является цифровизация процессов. В частности, создание единой централизованной системы учета, мониторинга, повышения качества инженерной инфраструктуры для обеспечения безопасности питьевого водоснабжения.

Список литературных источников

1. Директива Президента Республики Беларусь «О совершенствовании и развитии жилищно-коммунального хозяйства страны» от 4 марта 2019 г. № 7.
2. Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 января 2021 г. № 50).
3. Стратегией «Наука и технологии: 2018–2040» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2018/march/27972/>. – Дата доступа: 26.02.2024.
4. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://etalonline.by/document/?regnum=u02004207&q_id=. – Дата доступа: 26.02.2024.
5. СН 4.01.02-2019 «Строительные нормы Республики Беларусь. Канализация. Наружные сети и сооружения».
6. Барашкова, П. С. «Возможность применения геоинформационных систем в водоподготовке» / Барашкова П. С., Павлушкина Ю. С., Стороженко Е. И. // Наука без границ. – 2017. – № 5 (10).
7. Правила пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах» (утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.09.2016 г. № 788).
8. СН 4.01.02-2019 «Строительные нормы Республики Беларусь. Канализация. Наружные сети и сооружения».

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГИДРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВОД ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Краснова М.А., Гайдукова Е.В.

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, krasmasha19@yandex.ru*

Анализируются ряды измерения концентрации растворенного кислорода, водородного показателя, концентрации нитратного азота и мутности на нескольких водных объектах Санкт-Петербурга. Произведена оценка изменений, указанных гидрохимических характеристик от года к году и внутри года, а также статистический анализ рядов наблюдений.

Statistical analysis of the series of observations of the hydrochemical parameters of the waters of the water bodies of St. Petersburg

Krasnova M., Gaidukova E.

The article analyzes the measurement series of dissolved oxygen concentration, hydrogen index, nitrate nitrogen concentration and turbidity at several water bodies in St. Petersburg. The assessment of changes in these hydrochemical characteristics from year to year and within the year was carried out, as well as a statistical analysis of the series of observations.

Введение

Сбросы сточных вод в водотоки и водоемы, образуют зоны загрязнения, где нарушаются естественные гидрохимические и биологические процессы, а концентрация загрязняющих компонентов оказывается выше установленных норм по санитарным, рыбохозяйственным или другим показателям. Закономерности распространения загрязнений по водотокам

очень важны для оценки состояния экологических систем водных объектов. Химический состав природных вод представляет собой сложный комплекс растворенных газов, различных минеральных солей и органических соединений.

Гидрохимический анализ вод некоторых водных объектов Санкт-Петербурга производится регулярно для определенных целей. Например, в работе [1] произведен анализ особенностей загрязненности водотоков города в 2018 г. с использованием отчетных материалов о качестве воды крупнейшего водопользователя в городе – государственного унитарного предприятия Водоканал Санкт-Петербурга (ГУП «Водоканал СПб»). Выявлено, что самые загрязненные реки имеют минимальный средний расход воды и максимальный показатель объема сброса на единицу длины реки среди, в основном, такие реки протекают на юго-западе города. В статье [2] изучалась загрязненность малых рек Санкт-Петербурга на основе данных о донных организмах и химических показателей. В результате анализа была дана неблагоприятная экологическая оценка рек Лубья и Оккервиль.

Цель данного исследования заключается в статистическом анализе рядов наблюдений за гидрохимическими показателями вод водных объектов Санкт-Петербурга; наблюдения за показателями производит Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

Исходные материалы и методы исследования

Экологический портал Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга предоставляет ежедневные данные измерений с автоматических станций мониторинга поверхностных вод (АСМ-ПВ) с 2018 года по настоящее время [3]. Формирование данной системы мониторинга осуществляется в соответствии с законом Санкт-Петербурга от 17.04.2006 № 155-21 «Об экологическом мониторинге на территории Санкт-Петербурга» и долгосрочной целевой программой Санкт-Петербурга «Формирование и обеспечение функционирования территориальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды в Санкт-Петербурге на период 2013–2017 годов», утвержденной постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 29 мая 2012 года № 525. Каждая автоматическая станция АСМ-ПВ оборудована системой пробоотбора, способной собирать, обрабатывать и передавать информацию о состоянии наблюдаемого водного объекта в автоматическом режиме, выполнять оповещение при превышении пороговых концентраций загрязняющих веществ [4, 5]. Измеряемыми показателями является концентрация растворенного кислорода, водородный показатель, концентрация нитратного азота и мутность. Показатели растворенного кислорода и его ПДК важны для рыболовного хозяйства, экологического и санитарного состояния рассматриваемых поверхностных вод водных объектов. Подсистема мониторинга поверхностных вод включает в себя три автоматические стационарные станции мониторинга поверхностных вод, расположенные на Водосливном канале (г. Сестрорецк, АСМ-ПВ № 1) Комсомольском канале (г. Колпино, АСМ-ПВ № 2), и р. Охта (г. Санкт-Петербург, АСМ-ПВ № 3). Схема расположения автоматических станций представлена на рис. 1.

Для достижения цели исследования использовались методы математической статистики, оценивались такие статистические характеристики, как среднегодовая величина, показывающее в среднем изменение значений от года к году, дисперсия – для оценки разброса наблюдаемых значений для каждого года.

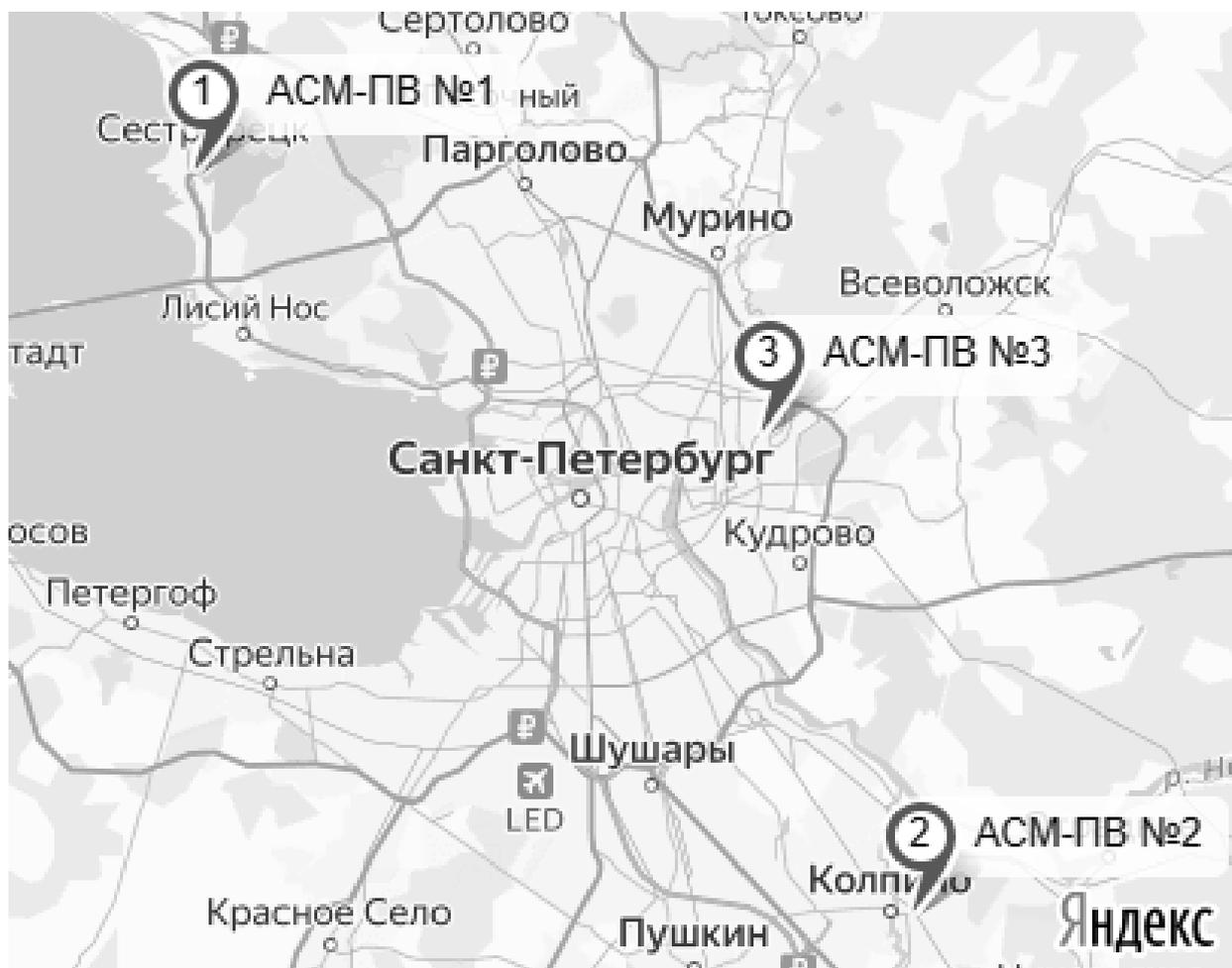


Рисунок 1 – Схема расположения автоматических станций мониторинга поверхностных вод

Результаты исследований

На рис. 2 приведен пример хронологического графика ежедневного хода растворенного кислорода и нитратного азота по АСМ-ПВ № 1 (г. Сестрорецк) за весь период наблюдений по минимальным значениям. На рис. 3 представлен также пример хронологического графика ежедневного хода растворенного кислорода и водородного показателя по АСМ-ПВ № 2 (г. Колпино) за весь период наблюдений по минимальным значениям.

Рассматривалось изменение математического ожидания и их дисперсий на всех автоматических станциях мониторинга поверхностных вод за весь период наблюдений и их динамика за каждый год.

На АСМ-ПВ № 1 мутность в среднем за 5 лет изменялась от 21,2 до 57,2 FTU (единица мутности по формазину), наибольшие средние значения наблюдаются в 2022 г., которые можно объяснить непродолжительными наблюдениями за год. Повышенная «верхняя граница» мутности наблюдалась в 2020 и 2021 гг. Показатель растворенного кислорода изменялся от 7,98 до 10,01 мг/дм³, максимальные значения – в 2018 г. Значения pH варьировались от 6,7 до 7,2 за весь период наблюдений, повышенные значения отмечены в 2020 и 2021 гг. Показатель нитратного азота изменялся в среднем от 0,3 до 1,5 мг/дм³, имеет повышенные значения в 2018 г. Наибольшие значения дисперсии по мутности наблюдаются в 2020–2022 гг., растворенный кислород имеет максимальные значения в 2019, 2020 и 2022 гг., водородный показатель практически не изменяется, однако максимальные значения до 0,12 наблюдаются в 2022 г., нитратный азот имеет максимальные значения в 2022 г., изменяясь от 1,64 до 1,84 мг/дм³.

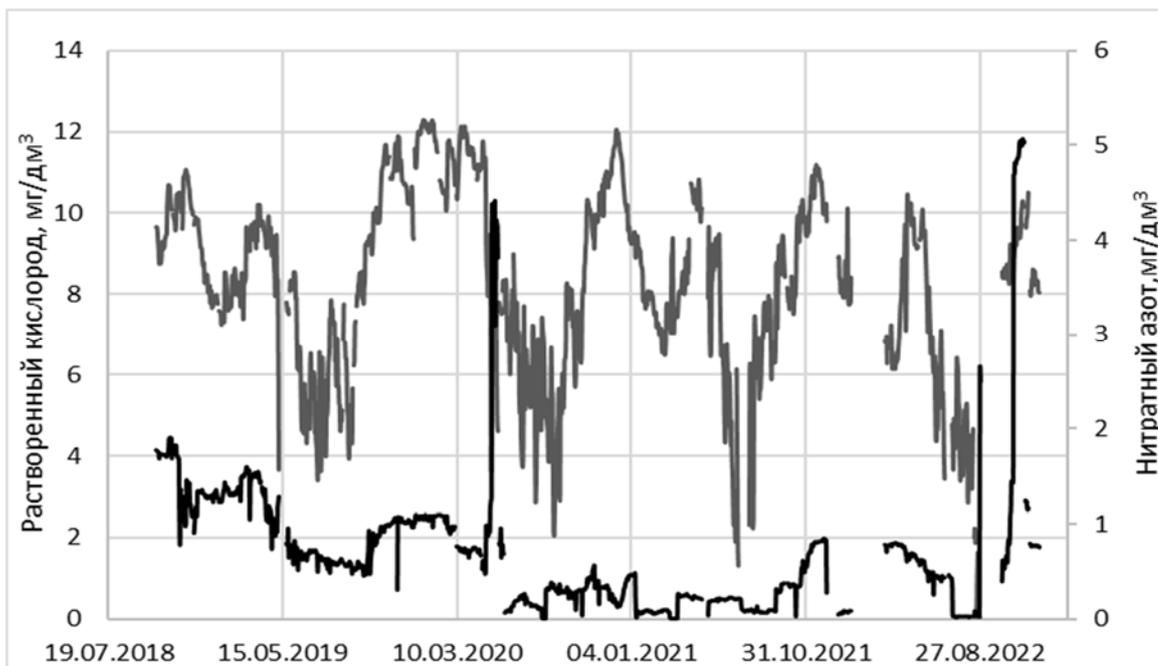


Рисунок 2 – Хронологический график для гидрохимических показателей по АСМ-ПВ № 1

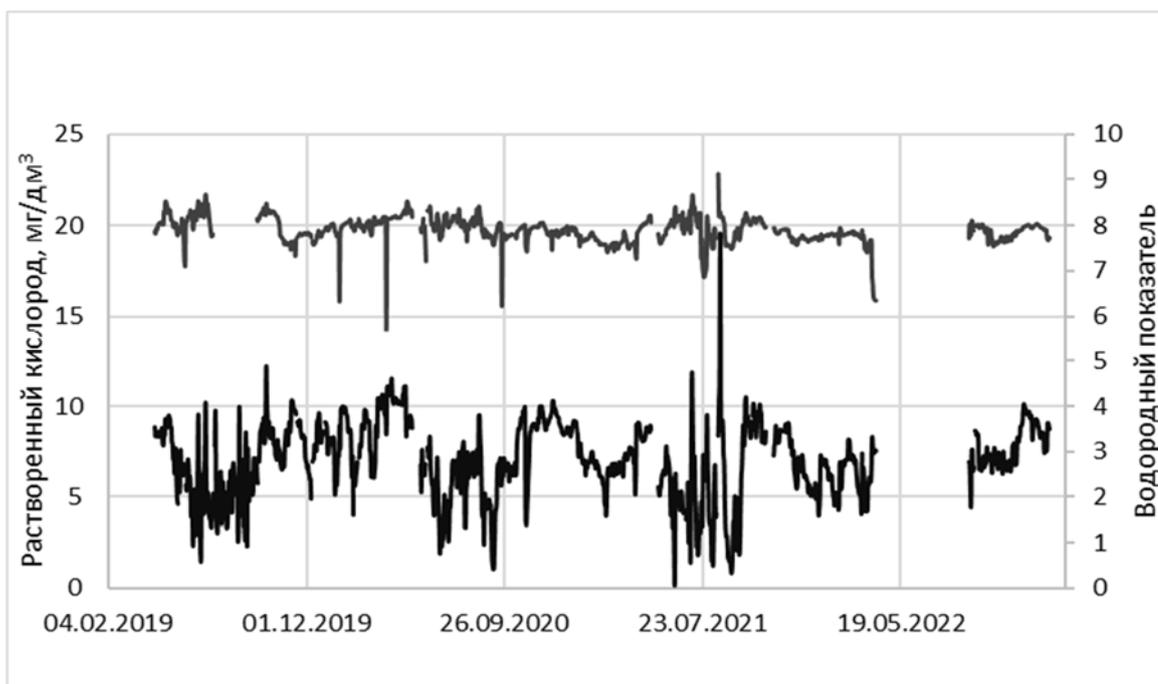


Рисунок 3 – Хронологический график для гидрохимических показателей по АСМ-ПВ № 2

На АСМ-ПВ № 2 мутность изменялась от 19 до 45,3 FTU, повышенные значения наблюдались в 2018 г. Растворенный кислород изменялся от 6,64 до 8,69 мг/дм³, наибольшие значения наблюдались в 2020 г. Значение водородного показателя варьировалось от 7,8 до 8,2. Показатель нитратного азота имел наибольшие значения в 2018 г. и был в пределах от 3,7 до 4,0 мг/дм³. По дисперсии: максимальные значения мутности на данной автоматической станции наблюдаются в 2019 и 2021 гг. – по 540 и 789 FTU, показатель растворенного кислорода изменяется от 1,65 мг/дм³ до 5,25 мг/дм³ в 2021 и 2022 гг., водородный показатель практически не изменяется, нитратный азот изменяется от 0,22 мг/дм³ до 53,2 мг/дм³, однако значение в 53,2 мг/дм³ в 2022 г. вызывает сомнения.

На АСМ-ПВ № 3 мутность изменялась от 17,7 до 42,7 FTU, повышенные значения наблюдались в 2018 и 2021 гг. Растворенный кислород изменялся от 5,26 до 7,13 мг/дм³,

наибольшие значения в 2022 г. Значения рН варьировались от 7,1 до 7,5. Сведения о нитратном азоте отсутствуют. По дисперсии: мутность за весь период изменяется от 192 до 10 933 FTU, имея максимальные значения в 2019 и 2022 гг., растворенный кислород изменялся от 1,65 мг/дм³ до 5,25 мг/дм³, наибольшие значения в 2021 г., а водородный показатель изменяется от 2,97 до 10,0, максимальные значения зафиксированы в 2020 и 2021 гг.

На рис. 4а представлены гистограммы изменения средних значений гидрохимических показателей за весь период наблюдений по всем автоматическим станциям, где единица – это АСМ-ПВ № 1, двойка – АСМ-ПВ № 2, тройка – АСМ-ПВ № 3. На рис. 4б представлены значения изменений дисперсий гидрохимических показателей за весь период наблюдений по всем автоматическим станциям.

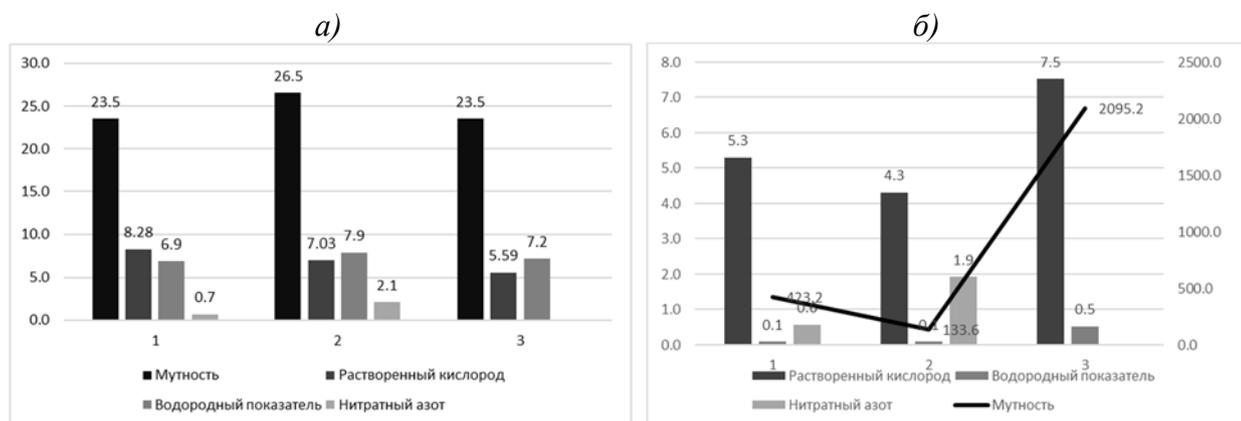


Рисунок 4 – Средние значения (а) и значения дисперсии (б) гидрохимических показателей по автоматическим станциям за весь период наблюдений

Выводы

В данной статье рассматривались статистические особенности и динамика изменения за каждый год и за весь период наблюдений гидрохимических показателей, таких как мутность, растворенный кислород, водородный показатель и нитратный азот, измеряющиеся на автоматических станциях мониторинга водных объектов Санкт-Петербурга.

Выявлено, что наибольшим значением мутности, водородного показателя и нитратного азота за последние 5 лет из рассматриваемых водных объектов обладает Комсомольский канал, где находится АСМ-ПВ № 2; среднегодовое значение растворенного кислорода на станции в г. Санкт-Петербурге, на реке Охте, меньше допустимого значения в 6,0 мг/дм³ и составляет 5,59 мг/дм³, наибольшие значения дисперсии также наблюдаются на данной автоматической станции. Возможно, это связано с высокой урбанизацией территории или с недостаточно точными измерениями гидрохимических показателей и пропусками в данных.

Список литературных источников

1. Клубов, С. М. Оценка загрязненности вод рек Санкт-Петербурга с использованием отчетных материалов ГУП «Водоканал СПб» в 2018 году / Клубов С. М., Третьяков В. Ю. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. – 2019. – № 3. – С. 160–174.
2. Копылов, С. П. Загрязненность малых рек Санкт-Петербурга (река Лубья и река Оккервиль) / Копылов С. П. // Молодой ученый. – 2023. – № 31 (478).
3. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге по данным АСМ-ПВ [Электронный ресурс] // Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. – Режим доступа: <https://www.infoeco.ru/index.php?id=18775>. – Дата доступа: 30.11.2023.
4. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году / под ред. Д. С. Беляева, И. А. Серебрицкого. – Ижевск : ПРИНТ, 2021. – 253 с.
5. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году / под ред. А. В. Германа, И. А. Серебрицкого. – СПб., 2023. – 226 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК БАССЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

Лобанов В.А.¹, Горошкова Н.И.², Стриженок А.В.², Семенова Д.А.²

¹Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, va_lobanov56@mail.ru

²Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия,
goroshnat@yandex.ru

Рассматриваются многолетние ряды характеристик ледового режима на реках бассейна Северной Двина: даты начала, окончания, продолжительность ледостава, максимальная толщина льда, наивысшие уровни воды начала ледостава и периода ледохода. Установлено, что продолжительность ледостава в среднем уменьшилась на 17 дней, дата начала ледостава наблюдается позже на 12 дней, а окончания раньше на 5 дней. Получена региональная зависимость между изменениями дат начала ледостава и его продолжительности. Максимальная толщина льда на реках уменьшилась на 9 см, максимальные уровни ледохода в среднем снизились на 71 см, а ледостава практически не изменились. Причиной изменений характеристик ледового режима рек является рост зимних температур воздуха на 2–3°C.

Assessment of the impact of modern climate change on the characteristics of the ice regime of rivers in the Northern Dvina basin

Lobanov V., Goroshkova N., Strizhenok A., Semenova D.

Long-term time series of characteristics of the ice regime on the rivers of the Northern Dvina basin are considered: dates of beginnings, endings, duration of freeze-up, maximum ice thickness, highest water levels of ice drift and freeze-up. It was found that the duration of freeze-up decreased on average by 17 days, and the date of the beginning of freeze-up became 12 days later, and the end date was 5 days earlier. A regional relationship was obtained between changes in the duration and changes in the dates of the beginning of freeze-up. The maximum ice thickness on the rivers decreased by 9 cm, the maximum ice flow levels decreased on average by 71 cm, and freeze-up remained virtually unchanged. The reason for changes in the characteristics of the river ice regime is an increase in winter air temperatures by 2–3°C.

Современное потепление климата оказывает влияние на характеристики криосферы, к которым относится ледовый режим рек [1, 2, 3]. В настоящем исследовании рассматривались 20 пунктов наблюдений на реках бассейна Северной Двины (рис. 1) и такие характеристики ледового режима, как дата начала (Тнач), окончания (Ткон) и продолжительность ледостава (Тпр), максимальная толщина льда (Нmax), максимальные уровни начала ледостава (Нлдст) и ледохода (Нлдх) за многолетний период с 1950 по 2020 г.



Рисунок 1 – Расположение пунктов наблюдений за характеристиками ледового режима на реках бассейна Северной Двины

Методика оценки долгопериодных изменений в многолетних временных рядах включала в себя:

- расчет коэффициента корреляции зависимости характеристики ледового режима со временем (R) и оценка его статистической значимости [4];
- определение года наиболее существенного изменения среднего значения [5], расчет средних значений за выбранные квазистационарные периоды до (ср1) и после (ср2) этого года;
- оценка стационарности двух средних значений (ср1 и ср2) по статистическому критерию Стьюдента [6];
- вычисление разности двух средних, которая характеризует изменение характеристики ледового режима (Δ) за последние 70 лет;
- расчет среднего квадратического отклонения (СКО), характеризующего естественную изменчивость (σ) и определение изменений в долях СКО как Δ/σ .

Результаты оценки изменений $T_{нач}$, $T_{кон}$, $T_{пр}$ по каждому створу и в среднем для всех постов приведены в табл.1, в которой жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты R и случаи, когда установленное изменение средних (Δ) превышает естественную изменчивость: $\Delta/\sigma > 1$. Из данных табл. 1 следует, что наибольшие изменения имеют место в $T_{пр}$, которая уменьшается в среднем на 17 дней (при вариации от 8 до 26 дней).

При этом практически все коэффициенты R статистически значимы (исключение составляет пункт 70184 р. Вычегда – г. Сыктывкар) при уровне значимости $\alpha = 5\%$, как и по критерию Стьюдента, когда имеет место статистически значимое отличие двух средних значений – ср1 и ср2. Также в половине случаев установленные уменьшения периода ледостава превышают естественную изменчивость и в среднем по всем пунктам практически равны ей при $\Delta/\sigma = 0,95$. Уменьшение периода ледостава обусловлено тем, что даты начала ледостава наблюдаются позже, а даты окончания – раньше, чем в годы до начала климатических изменений. Причем более существенно изменились даты начала ледостава, который в среднем на реках теперь отмечается на 12 дней позже (при вариации от 5 до 21 дня), а окончание ледостава раньше в среднем, примерно, на 5 дней (при вариации от 2 до 10 дней).

Таблица 1 – Показатели изменения дат начала ($T_{нач}$), окончания ($T_{кон}$) и продолжительности ($T_{пр}$) ледостава на реках бассейна Северной Двины

Код поста	$T_{нач}$				$T_{кон}$				$T_{пр}$			
	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ
70061	0,24	8	16,1	0,50	-0,15	2	6,78	0,74	-0,27	10	17,9	0,56
70066	0,31	12	13,6	0,88	-0,27	4	6,96	0,57	-0,37	17	16,1	1,06
70067	0,28	11	13,1	0,84	-0,20	2	7,19	0,28	-0,32	13	15,0	0,87
70069	0,29	11	13,1	0,84	-0,27	4	7,30	0,55	-0,37	15	15,3	0,98
70070	0,27	10	13,7	0,73	-0,24	2	7,28	0,27	-0,32	12	15,7	0,76
70072	0,30	11	13,4	0,82	-0,18	3	7,89	0,38	-0,33	14	15,1	0,93
70091	0,36	21	20,6	1,02	-0,23	4	7,61	0,52	-0,38	25	22,6	1,11
70098	0,44	18	19,0	0,95	-0,27	3	8,06	0,37	-0,47	21	21,0	1,00
70101	0,40	20	17,8	1,12	-0,30	6	6,96	0,86	-0,45	26	20,2	1,29
70129	0,22	11	15,3	0,72	-0,16	5	8,96	0,56	-0,24	16	20,1	0,80
70152	0,31	14	14,8	0,95	-0,23	5	9,09	0,55	-0,38	19	17,1	1,11
70182	0,39	13	12,0	1,08	-0,29	7	9,25	0,76	-0,47	20	15,4	1,30
70184	0,08	5	11,4	0,44	-0,17	3	8,39	0,36	-0,18	8	14,2	0,56
70203	0,20	7	14,1	0,50	-0,28	8	10,8	0,74	-0,28	15	19,0	0,79
70275	0,30	13	16,6	0,78	-0,34	6	7,42	0,81	-0,36	19	19,6	0,97
70281	0,13	9	14,4	0,62	-0,29	4	7,44	0,54	-0,23	13	16,7	0,78
70284	0,31	14	17,3	0,81	-0,34	4	7,22	0,55	-0,39	18	20,2	0,89
70331	0,34	14	15,4	0,91	-0,35	6	9,23	0,65	-0,45	20	17,9	1,12
70332	0,35	11	13,5	0,81	-0,45	10	9,23	1,08	-0,49	21	17,1	1,17
70334	0,36	12	14,3	0,84	-0,24	5	10,6	0,47	-0,43	17	16,6	1,02
Средн.	0,29	12	15,0	0,81	-0,26	5	8,18	0,58	-0,36	17	17,6	0,95

Установлено, что между изменениями в продолжительности ледостава и в датах его начала существует достаточно тесная региональная зависимость с коэффициентом корреляции $r = 0,89$ (рис. 2), а также имеют место вполне надежные региональные зависимости между коэффициентами корреляции со временем R и изменениями в продолжительности и датах начала ледостава.

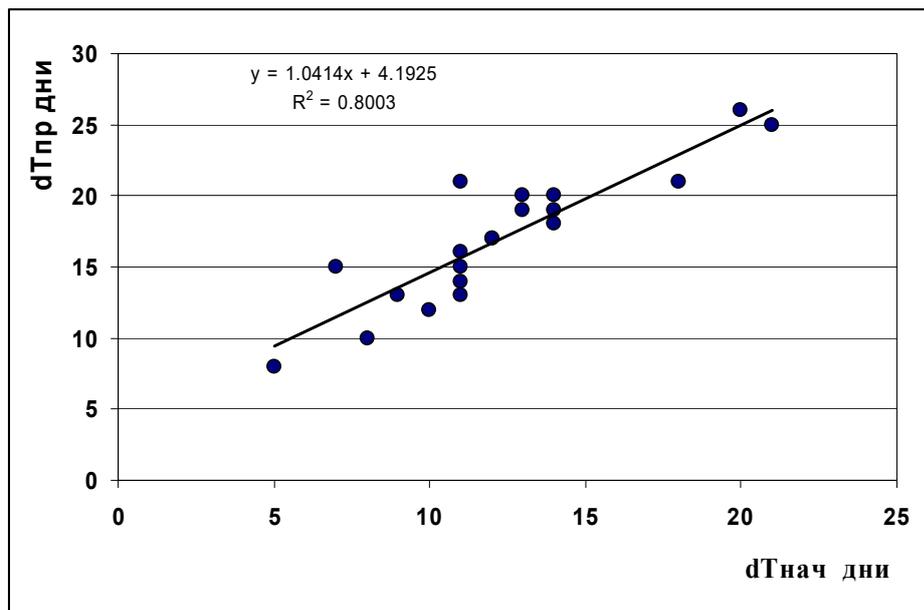


Рисунок 2 – Региональная зависимость между изменениями дат начала ледостава $dT_{нач}$ и его продолжительности $dT_{пр}$ для рек бассейна Северной Двины

В табл. 2 приведены полученные показатели изменений максимальной толщины льда и максимальных уровней в начале ледостава и при ледоходе. Как следует из табл. 2, наиболее существенно уменьшилась максимальная толщина льда: в среднем на 9 см, но при достаточно большой вариации: от 0 до 20 см.

Таблица 2 – Показатели изменения максимальных уровней в начале ледостава ($H_{лдст}$), при ледоходе ($H_{лдх}$) и наибольшей толщины льда (h_{max}) на реках бассейна Северной Двины

Код поста	$H_{лдст}$ (см)				$H_{лдх}$ (см)				H_{max} (см)			
	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ
70061	-0,09	-8	62,4	0,13	-0,42	-146	105	1,39	-0,35	-12	10,8	1,11
70066	-0,07	-22	58,0	0,38	-0,10	-78	118	0,66	-0,08	-2	11,3	0,18
70067	-0,09	-27	75,0	0,36	-0,24	-98	134	0,73	0,02	0	10,8	0
70069	-0,09	-36	85,4	0,42	-0,03	-52	142	0,37	0,01	0	15,4	0
70070	0,15	+ 56	114	0,49	-0,12	-83	166	0,50	-0,25	-12	12,3	0,98
70072	0,11	+ 20	135	0,15	-0,12	-81	188	0,43	-0,52	-16	11,5	1,39
70091	-0,12	-9	64,5	0,14	-0,27	-136	120	1,13	-0,54	-14	10,9	1,28
70098	0,07	+ 20	123	0,16	-0,05	0	174	0	-0,39	-15	16,0	0,94
70101	0,07	+ 8	92,6	0,09	-0,11	-14	155	0,09	-0,63	-20	14,8	1,35
70129	0,13	+ 5	23,2	0,22	-0,15	-33	43,9	0,75	0,02	0	10,5	0
70152	0,14	+ 21	46,6	0,45	-0,33	-146	126	1,16	-0,41	-8	8,8	0,91
70182	0,45	+ 44	41,1	1,07	0,22	+ 37	70,5	0,52	-0,11	0	10,8	0
70184	-0,39	-62	65,6	0,94	-0,16	-33	84,4	0,39				
70203	-0,31	-70	75,2	0,93	-0,18	-66	108	0,61				
70275	-0,12	-31	62,9	0,49	-0,32	-93	126	0,74	-0,44	-9	10,2	0,88
70281	-0,16	-23	59,0	0,39	-0,34	-116	122	0,95	-0,64	-19	13,5	1,41
70284	-0,05	-16	63,9	0,25	-0,17	-94	131	0,72	-0,41	-19	10,4	1,83
70331	-0,08	-5	33,4	0,15	-0,18	-62	86,7	0,72	-0,40	-13	8,7	1,49
70332	-0,03	-10	45,2	0,22	-0,33	-114	113	1,01	-0,32	-11	10,0	1,10
70334	0,05	0	37,4	0	-0,18	-16	104	0,15	0,21	0	9,4	0
Средн.	-0,02	-7	68,2	0,37	-0,18	-71	121	0,65	-0,29	-9	11,4	0,82

Наиболее значительные уменьшения толщины льда, превышающие естественную изменчивость, имеют место в пунктах на р. Сухоне (70091, 70098, 70101), р. Ваге (70281, 70284) и р. Пинега (70331, 70332, 70334). Наименьшие изменения имеют место в наибольших уровнях начала ледостава, которые в среднем составляют только 1/3 от естественной изменчивости, и только в одном случае (пункт 70182 р. Вычегда – Сторожевск) эти изменения превышают естественную изменчивость. При этом в одних случаях уровень растет, в других понижается, что вряд ли связано с влиянием изменения климата. Наивысшие уровни ледохода практически во всех случаях уменьшаются, что обусловлено уменьшением толщины льда. В среднем это уменьшение составляет 71 см при очень большой вариации: от 14 см до 146 см. Причем превышение естественной изменчивости имеет место только в 4 случаях: 70061 р. Северная Двина – г. Котлас, 70091 р. Сухона – г. Тотьма, 70152 р. Юг – п. Кичменский Городок и 70332 р. Пинега – с. Усть-Покшеньга.

Убедительным доказательством причин таких изменений характеристик ледового режима рек является повышение температур в месяцы холодного периода года (ноябрь – март), которое составляет от 2,0 до 3,5°C, как показано на рис. 3 для метеостанции Сыктывкар.

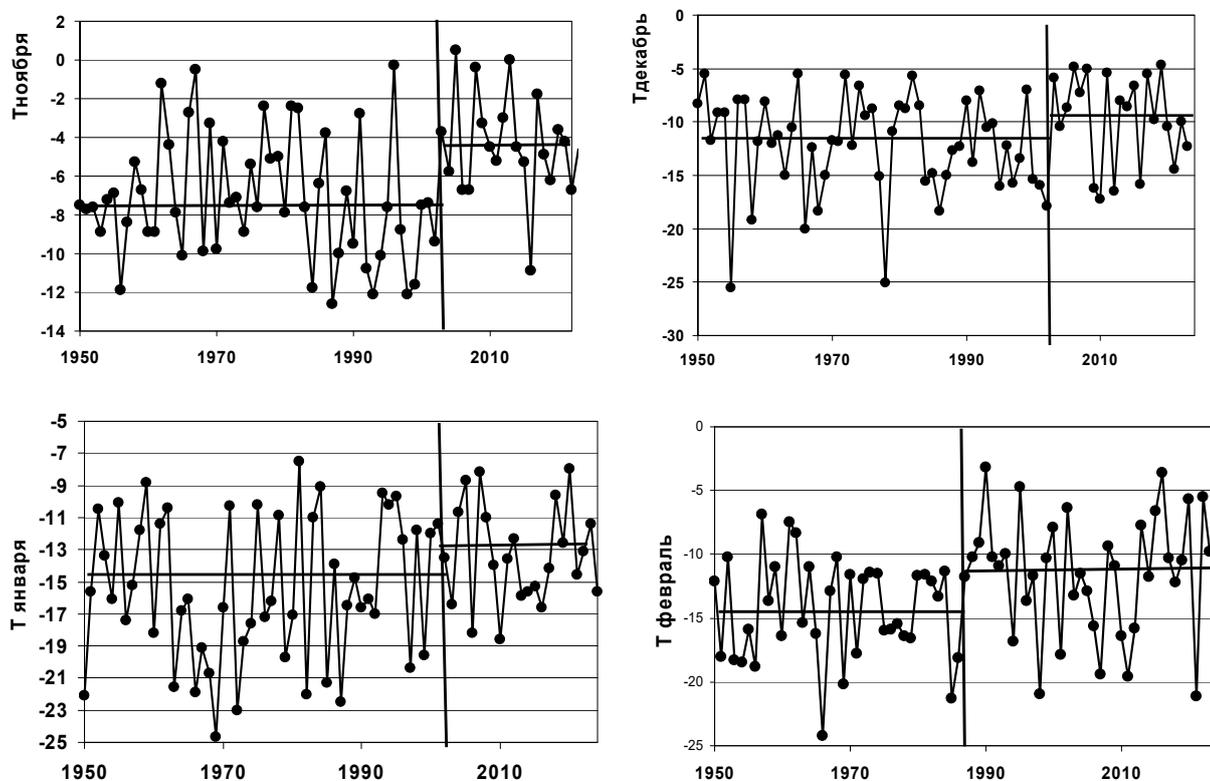


Рисунок 3 – Изменения температур воздуха зимних месяцев на метеостанции Сыктывкар

Список литературных источников

1. Лобанов, В. А. Характеристики ледового режима рек Саха (Якутия) и их климатические изменения / Лобанов В. А., Горошкова Н. И. // Ученые записки РГГМУ. – 2019. – № 55. – С. 86–98.
2. Влияние изменения климата на экстремальные гидрологические характеристики в бассейне р. Печоры / Лобанов В. А. [и др.] // Гидрометеорология и экология, Санкт-Петербург : Изд. РГГМУ. – 2022. – № 68. – С. 435–452.
3. Гуревич, Е. В. Влияние температуры воздуха на зимний сток рек (на примере бассейна р. Алдан) / Е. В. Гуревич // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 9. – С. 92–99.
4. Закс, Л. Статистическое оценивание / Л. Закс. – М. : Статистика, 1976. – 598 с.
5. Лобанов, В. А. Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия / Лобанов В. А., Наурозбаева Ж. К. – СПб. : Изд-во РГГМУ, 2021. – 140 с.
6. Малинин, В. Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации / В. Н. Малинин. – СПб. : РГГМУ, 2008. – 408 с.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ: ПЛАТНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ

Мавлони М.С.¹, Мавлони С.Р.²

¹Джухайский Университет, г. Джухай, Китай, smavloni@mail.ru

²Институт геологии, сейсмического строительства и сейсмологии НАНТ,
г. Душанбе, Таджикистан

Существующие принципы совместного использования воды в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи устарели. Требуется переосмысления вопросы координации институтов государственного управления и малоэффективное их взаимодействие в водном секторе и водотоков межгосударственного значения.

Бесхозяйственный и недальновидный подход к вопросам использования водных ресурсов региона, бесконтрольное их использование создали многочисленные проблемы, которые стали источником вражды и непонимания между государствами региона. Сейчас самое главное для региона в целом – это осознать, что у стран Центральной Азии общих интересов существенно больше, чем противоречий, и что отстаивать эти общие интересы возможно только действуя сообща, развивая взаимное политическое доверие.

Central Asia: paid water use myth or reality

Mavloni M., Mavloni S.

The existing principles of water sharing in the Amu Darya and Syr Darya river basins are outdated. It is necessary to rethink the issues of coordination of public administration institutions and their ineffective interaction in the water sector and watercourses of interstate importance.

The mismanagement and short-sighted approach to the use of water resources in the region, their uncontrolled use have created numerous problems that have become a source of hostility and misunderstanding between the states of the region. Now the most important thing for the region as a whole is to realize that the countries of Central Asia have significantly more common interests than contradictions, and that it is possible to defend these common interests only by acting together, developing mutual political trust.

После обретения независимости Центральноазиатские государства (ЦАГ) предпринимают попытки реформировать свою экономику, в том числе водное хозяйство. По мере рыночного реформирования сельского и водного хозяйства вопросы водосбережения становятся все более вопросами экономическими. Так как целью водопользователя становится не достижение любой ценой максимально возможного урожая, а получение максимального дохода, то методы водосбережения интересуют водопользователей в той мере, в какой они выгодны водопользователю при сложившейся природно-хозяйственной обстановке. Поэтому переход к децентрализованному методу управлению экономикой и, в частности, оросительной водой, как правило, сопровождается введением платы за водные услуги и предоставлением прав на продажу сэкономленной оросительной воды, что является важнейшим инструментом для совершенствования управления водопользованием и обеспечения водосбережения.

В настоящее время все ЦАГ признают необходимость введения платного водопользования, но, так как стратегия рыночных реформ у всех государств разная, платное водопользование в настоящее время действует только в трех из пяти ЦАГ. Платное водопользование в сельском хозяйстве Узбекистана и Туркменистана отсутствует.

Нельзя сказать, что введение платного водопользования существенно повысило уровень водопользования в ЦАГ, но определенные положительные результаты и тенденции уже наблюдаются. Например, в Кыргызстане: уменьшилось водопотребление, сократилось машинное орошение, изменилась структура орошаемых площадей (увеличилась доля менее влаголюбивых культур – зерновых, табака, подсолнечника), мелиоративное состояние земель улучшилось.

Вышеотмеченные соображения о последствиях введения платного водопользования в Кыргызстане, хотя и меньшей степени, но справедливы и для условий Таджикистана. Что

касается Казахстана, то по мнению специалистов, в целом пока рано говорить однозначно о положительных последствиях введения платного водопользования, но необходимость его не вызывает сомнения.

Законодательством Кыргызстана предусмотрено право водопользователей на продажу оросительной воды, сэкономленной в результате водосберегающих мероприятий. Сделан чрезвычайно важный шаг в направлении создания рынка прав на воду, стимулирующего водосбережение. Однако следует отметить, что реализовать это право не просто как в техническом, так и в других планах. Дело в том, что традиционная методика планирования водопользования такова, что, определении спроса на воду учитывается существующее техническое состояние оросительной сети и структура орошаемых земель водопользователя. В принципе, если водопользователь в результате антифильтрационных мероприятий и изменения структуры орошаемых земель снизил, например, на 10 % потребность в воде, то на 10 % соответственно должно снизиться и его право на воду. При таком подходе стимула к водосбережению быть не может [1].

Примечательно, что эффективность наказания за сверхлимитный забор воды зависит от размера тарифа. В настоящее время это система наказания малоэффективна в Центральной Азии из-за относительной незначительности размера тарифа и отсутствия неотвратимости наказания за нарушение. Следует также отметить, что водопользователи, как правило, представления не имеют о том, куда направляются деньги, изъятие водной инспекцией от штрафovaných водопользователей. Наряду с этим, продолжается полемика по поводу спорных инициатив отдельных стран региона, касающихся применения рыночных принципов межгосударственных водных отношений. Прежде всего, это относится к основополагающей теме – признание воды товаром. Другими спорными вопросами являются:

- введение штрафных санкций за превышение согласованных квот национального водопотребления;
- введение в международную практику прецедента продажи другой стороне части своей квоты водопотребления;
- введение платы за воду как за природный ресурс – минерал, являющейся национальной собственностью;
- введение платы за сезонное или многолетнее регулирование стока в пользу других стран.

Безусловно, указанные предложения требуют дальнейшего обсуждения заинтересованными государствами. Отношение к вопросам платного водопользования является суверенным делом каждого государства, вместе с этим необходимо отметить, что без разумного и справедливого экономического механизма стимулировать водосбережение и, особенно внедрение технически совершенных технологий, весьма проблематично.

Тарифы на воду в зависимости от экономических условий водообеспечения могут иметь различные типы. Так, например, при равномерном спросе на воду всех потребителей и одинаковом их расположении относительно сооружений водохозяйственной системы, которая рассматривается одним водисточником, тариф может приниматься равным. Если потребители рассредоточены, то может быть применен зональный тариф, дифференцирующий ее удаленность от водопотребителей. При применении зональных тарифов оптовые покупатели воды, удаленные от источника, платят за воду существенно больше, чем ближние.

Повышенный тариф вводится при дефицитности воды и действует в отношении того объема воды, спрос на который предъявляет более чем один претендент. Сумма превышения тарифа над нормальным передается в бюджет. Если бассейновая организация имеет так называемые запасные мощности, предназначенные для будущих потребителей, то вполне оправдано взимание с них особого сбора за присоединение, компенсируя тем самым затраты на содержание временно простаивающих мощностей. По существу, этот вариант ближе всего к созданию консорциума.

Льготный тариф устанавливается, если водохозяйственная система обладает избытками воды или имеются мало платежные потребители, а также, если они располагают альтернативными источниками водоснабжения. Иначе говоря, льготные тарифы целесообразны в тех условиях, когда очень сложно реализовать воду по нормальному тарифу, но при этом льгот-

ный тариф должен быть выше, чем удельные операционные затраты бассейновой организации. На основе всех видов платежей за воду и ее загрязнение целесообразно создать национальные и бассейновые водные фонды. Последние должны аккумулировать платежи и штрафы за использование воды от водопотребителей, расположенных в данном водном бассейне независимо от их ведомственной подчиненности. Эти фонды предназначаются для целевого финансирования и стимулирования охраны и воспроизводства водных ресурсов. Кроме того, для отдельных предприятий водного хозяйства, оказывающих социально значимые услуги, у которых доходная часть меньше эксплуатационных расходов, например, сельские водопроводные предприятия, часть средств можно использовать для финансовой их поддержки [2].

Вместе с тем финансирование воспроизводства водных ресурсов, должно осуществляться при поддержке государственного бюджета. За счет бассейнового водного фонда можно финансировать мероприятия по регулированию и поддержанию качества водных ресурсов бассейна реки. Бюджетные средства, направляемые в национальный водный фонд, должны быть предназначены для осуществления мероприятий по повышению бассейнового и межбассейнового водноресурсного потенциала. Источником финансирования здесь выступает приходная часть бюджета, аккумулирующая, в частности, дифференциальную ренту, которая взимается с хозяйствующих субъектов и направляется на дальнейшее улучшение состояние межгосударственных и межбассейновых водотоков.

Включение платы за воду в систему экономического механизма способствует решению следующих задач:

- объективному отражению затрат на воспроизводства водных ресурсов в издержках производства;
- стимулированию рационального использования водных ресурсов на хозяйственных объектах и сокращению расходования воды;
- достоверной оценке экономической эффективности водоохраных и водосберегающих мероприятий, в том числе при проектировании и внедрении новой техники и технологии;
- возможности формирования и создания национального и бассейновых фондов воспроизводства водных ресурсов.

В Таджикистане основой сельскохозяйственного производства является орошаемое земледелие, дающее до 90 % валовой продукции растениеводства. Два компонента формируют и одновременно ограничивают его дальнейшее развитие – это, прежде всего, ограниченные земельные ресурсы и водные ресурсы, требующие высоких затрат по доставке на поля [3].

Принятие в ноябре 2000 г. Нового Водного кодекса закрепило новый потенциал, накопленных в ходе 8–10 лет реформ. Водным кодексом были узаконены: плата за услуги по подаче воды потребителям, установлен полный экономичный механизм водопользования, включающий в себя:

- платность специального водопользования;
- бесплатность общего водопользования;
- плату за пользование водными ресурсами в пределах установленных лимитов (кроме сельскохозяйственного орошения и лесного хозяйства);
- плату за услуги, связанные с накоплением, транспортировкой до границы потребителей, распределением и очисткой вод;
- плату за лицензию на спец водопользование для целей орошения.

Сегодня Кыргызстан и Таджикистан (отчасти) рассматривают воду как товар, имеющий свою стоимость. Свой подход они подкрепляют суверенным правом собственности на природные ресурсы в рамках международного частного права. Страны же низовья Узбекистан, Туркменистан и Казахстан считают, что трансграничные реки являются общим ресурсом, и, следовательно, бесплатным.

Критическая обстановка с обеспеченностью стран Центральной Азии водными ресурсами, экологические проблемы, ухудшение технического состояния водохозяйственных систем и систем мониторинга ставят государства региона перед необходимостью достижения

договоренностей по всем спорным вопросам. Разработка Региональной стратегии рационального и эффективного использования водных и энергетических ресурсов Центральной Азии – решающий шаг в этом направлении. В ней необходимо учесть экономико-географические, социальные особенности каждого государства, сблизить позиции стран, определить организационные и правовые основы сотрудничества по водным вопросам.

Водные ресурсы ЦАГ должны служить для удовлетворения существующих видов пользования и будущих потребностей этих стран. Государства, при использовании водных ресурсов на своей территории, должны принимать все возможные меры для предотвращения нанесения ущерба другим государствам бассейна.

Список литературных источников

1. Мавлони, М. С. Перспективы развития водного сектора экономики государств Центральной Азии : автореф. канд. дис. / Мавлони М. С. – Душанбе, 2019. – 24 с.
2. Муртазаев, У. И. Управление водными ресурсами Центральноазиатского региона: проблемы и пути их решения (минимизации) / Муртазаев У. И., Мавлони М. С. – [Б. м.] : Суфра, 2016. – 212 с.
3. Аминджанов, М. А. Из опыта платного водопользования / Аминджанов, М. А., Пулатов Я. Э., Хамрокулов А. Х. // Мелиорация и водные ресурсы: проблемы и пути их решения. – Душанбе, 2010. – С. 48–56.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЗЕР УШАЧСКОЙ ГРУППЫ (ОЗЕРА КРИВОЕ И ОТОЛОВО)

Макусъ А.З.

Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь, makus214a@gmail.com

Произведен сравнительный анализ экологического состояния озер Ушачской группы (озера Кривое и Отолово) на основе изучения показателей трофности. Индикаторными показателями уровня трофности послужили гидрохимические, гидробиологические показатели, прозрачность, содержание хлорофилла-а.

Comparative analysis of lakes of the ushach group (lakes Krivoje and Otolovo)

Makus A.

A comparative analysis of the ecological state of the lakes of the Ushachi group (lakes Krivoje and Otolovo) was carried out based on the study of trophicity indicators. Indicative indicators of the trophic level were hydrochemical, hydrobiological indicators, transparency, chlorophyll-a content.

Общие сведения об озерной группе. Ушачская группа озер включает в себя более 100 водоемов, которые принадлежат бассейнам двух левых притоков Западной Двины – рекам Ушача и Дива. Территориально распределена в трех районах: Ушачском, Лепельском, Полоцком. Общая площадь озер составляет более 75 км². Объем водной массы – 350 млн м³. Система озер в бассейне р. Дива вытянута с северо-запада на юго-восток на расстоянии 40–45 км. Территория отличается незначительной лесистостью (не более 20 % площади водосбора озер) и относительно высокой заболоченностью – более 20 % [1].

В эпоху валдайского оледенения на территории располагался мощный ледниковый язык. По мере неравномерного отступления на северо-запад здесь образовался сложный холмисто-моренный рельеф и формировались разнообразные озерные котловины. Характерной особенностью территории является относительная равнинность водораздельных участков [2].

Краткая физико-географическая характеристика исследуемых озер Ушачской группы.
Кривое – озеро в Ушачском районе. Расположено в бассейне р. Туровлянка, в 25 км на восток от г. п. Ушачи, возле д. Дубровка. По берегам расположены деревни Малиновка, Горы и Новосёлки. Входит в Ушачскую группу озер. Вместе с прилегающими территориями образует одноименный гидрологический заказник республиканского значения. Площадь – 4,5 км². Максимальная глубина – 31,5 м, средняя глубина – 9,6 м. Длина – 6 км. Максимальная ширина – 1,1 км. Протяженность береговой линии – 21 км. Объем воды – 43 млн м³. Площадь водосбора – 65,4 км². Соленость озера – 0,16 ‰. Прозрачность – 6 м.

Отолово – озеро в Ушачском районе Витебской области. Входит в Ушачскую группу озер. Расположено в бассейне р. Туровлянка (Дива), в 16 км на восток от г. п. Ушачи, возле д. Загорье. На берегу озера расположены деревни Козьяны, Пилятовщина, Губинка, Кугони, Заречье, Косовщина. Площадь – 8,2 км². Максимальная глубина – 16,4 м. Длина – 9,4 км. Максимальная ширина – 2,2 км. Общая протяженность береговой линии – 38,8 км. Объем воды – 27,9 млн м³. Площадь водосбора – 325 км². Высота водного зеркала над уровнем моря – 128,6 м. Соленость озера – 0,03 ‰. Прозрачность – 2 м (рис. 1).

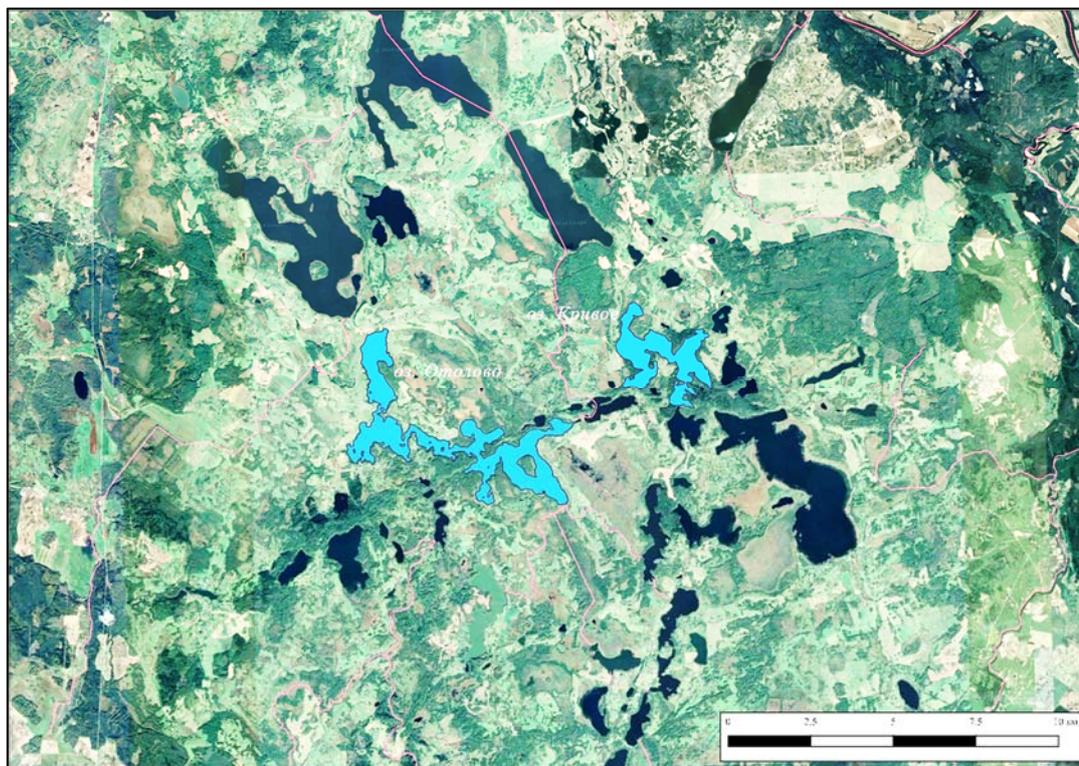


Рисунок 1 – Карта исследуемых озер Ушачской группы (озеро Кривое и Отолово)

По данным исследований РУП «ЦНИИКИВР», суммарная площадь озер Ушачской группы (озера Вечелье, Кривое, Черствятское, Отолово) претерпела изменения в сторону уменьшения, снизившись за последние 6 лет от 86,1 до 81,2 км² (на 4,88 км² или 5 %).

Озера Отолово и Кривое претерпели изменения в сторону снижения площадей, соответственно от 8,20 до 7,18 км² (на 1,02 км² или 12,4 %) и от 4,50 до 3,99 км² (на 0,51 км² или 11,3 %). За исследуемый период произошло снижение площади поверхности водного зеркала на 0,66 км² или 2,8 % [3].

Водосборы озер Ушачской группы достаточно сильно преобразованы, подвержены сильной антропогенной трансформации. Ушачский район специализируется на производстве сельскохозяйственной продукции, что определило высокую долю распаханности водосборов (достигает 70 %) и большое количество сельскохозяйственных объектов на берегах озер. Это приводит к нарушению почвенного и растительного покрова на водосборных площадях озер, оказывает негативное влияние на формирование водного стока и повышает вынос веществ из почв в озера. При этом поступление в водную среду соединений азота и фосфора

вызывает интенсивное развитие фитопланктонного сообщества и ухудшение качества воды и, как следствие, повышение зарастаемости водоема. Наиболее уязвимыми озерами этой группы являются озера, имеющие высокую распаханность водосборов и наличие в прошлом точечных источников поступления биогенных элементов – животноводческих ферм. Все это приводит к ухудшению экологического состояния озер ушачской группы, наиболее подверженным воздействию оказалось озеро Отолово [5].

Таблица 1 – Изменение площади поверхности воды исследуемых озер Ушачской группы, км² [4]

Наименование озера	Площади поверхности воды, км ²	
	2017 г.	средняя за 2018–2022 гг.
Отолово	8,20	7,18
Кривое	4,50	3,99
Суммарная площадь	12,70	11,17

Оценка экологического состояния озер на основе индикаторных показателей трофности. Для определения экологического состояния представленной группы озер был изучен показатель трофности. Трофность – характеристика местообитания водоема по его биологической продуктивности, обусловленная содержанием биогенных элементов. Индикаторными показателями уровня трофности послужили гидрохимические, гидробиологические, такие показатели, как прозрачность, содержание хлорофилла-а.

Исследуемые озера расположены в регионе Поозерья, следовательно гидрологический режим отличается большой озерностью территории. Также следует отметить, что на территории Ушачских озер не протекает больших или средних рек, а представлены в большинстве своем небольшими ручьями, что связывают озера между собой. Это говорит о малой степени проточности и незначительных изменениях уровней воды. В основном питание исследуемых озер в весенне-летний период представлено грунтовыми водами, что поддерживает уровни воды в пределах одних значений.

В результате экспедиционных обследований озер было проведено определение индикаторных показателей трофности для озер Ушачского района Витебской области. Проведен сравнительный анализ данных индикаторных показателей трофности в осенний период и сопоставление с весенним и летним периодами, приведены среднесезонные значения показателей, определен трофический уровень озер на основании имеющихся классификаций трофности по индикаторным показателям и по индексам трофности.

Водородный показатель в исследуемых озерах в осенний период изменялся от 7,3 до 7,5, не превышал допустимых значений и характеризовал среду озер как слабощелочную.

Содержание общего фосфора в воде озер осенью не превышала предельно допустимой концентрации, его наибольшая концентрация 0,022 мг/дм³ отмечалась на озере Отолово, наименьшая 0,011 мг/дм³ на озере Кривое.

Осеннее содержание фосфат-ионов, также, как и предыдущих периодах исследований, отличается крайне низким его содержанием во всех исследуемых озерах, составив менее 0,07 мгР/дм³, что может свидетельствовать о полном потреблении его по пищевой цепи фитопланктоном для формирования своей биомассы.

Содержание нитрат-ионов в исследуемых озерах не превышала ПДК. В осенний период наблюдается снижение содержания аммоний-ионов, по сравнению с летним периодом. Наибольшее содержание аммоний-ионов в осенний период наблюдается в озере Кривое – 0,048 мгN/дм³, наименьшее – в озере Отолово – 0,016 мгN/дм³. Данная концентрация аммоний-ионов может свидетельствовать о поступлении в озеро извне, либо говорить об интенсивном разложении органических веществ и вторичном загрязнении. При этом, в целом, содержание аммоний-ионов в озерах не превышает норматив для поверхностных вод.

При анализе изменения концентрации аммоний-ионов в озерах в весенний, летний и осенний периоды не отмечается общей тенденции их изменения по озерам, в озере Отолово произошло повышение аммоний-ионов в летний период по сравнению с весенним и снижение в осенний период, в озере Кривое содержание аммоний-ионов практически не претерпело изменений в весенний и летний периоды и возросло практически в 5 раз в осенний период.

Содержание нитрат-ионов в осенний период в исследуемых озерах снизилось по сравнению с летним периодом. Наиболее высокие концентрации нитрат-ионов, как в весенний и летний периоды, так и в осенний период наблюдались в озере Отолово (табл. 2).

Таблица 2 – Концентрация химических веществ в воде озер Ушачской группы в осенний период [4]

Гидрохимический показатель	Кривое	Отолово	ПДК
pH	7,3	7,5	
Фосфор общий, мг/дм ³	0,011	0,022	0,20
Азот по Къельдалю, мг/дм ³	30,5	30,5	5,00
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,048	0,016	0,39
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,03	0,054	9,03
Нитрит-ион, мгN/дм ³	30,0025	30,0025	0,024
Фосфат-ион, мгP/дм ³	0,005	0,006	0,066

Проведен анализ индикаторных показателей на оценку уровня трофности. По содержанию общего азота за вегетационный период исследуемые озера следует отнести к эвтрофному типу (табл. 3).

Таблица 3 – Средняя концентрация биогенных элементов в воде озер Ушачской группы за вегетационный период [4]

Гидрохимический показатель	Кривое	Отолово
Азот общий, мг/дм ³	0,653	1,472
Фосфор общий, мг/дм ³	0,012	0,027
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,023	0,023
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,033	0,065
Фосфат-ион, мгP/дм ³	0,005	0,005

Таблица 4 – Трофический статус озер Ушачской группы за вегетационный период [4]

Трофический индекс	Озеро Кривое	Озеро Отолово
Vollenweider (1979)	Мезотрофный	Мезотрофный
Романенко (1985)	Олиготрофный	Мезотрофный
Forsberg, Ryding (1999)	Олиготрофный	Эвтрофный
OECD (1988)	Мезотрофный	Мезотрофный
Tropliik Level Index	Мезотрофный	Эвтрофный
Индекс Карлсона (TSI)	Мезотрофный	Эвтрофный

Согласно трофическому статусу, озеро Кривое является мезотрофным, Отолово – переходное от мезотрофного к эвтрофному типу (табл. 4).

Таблица 5 – Изменение величины прозрачности воды в течение исследуемого периода [4]

Трофический индекс	Озеро Кривое	Озеро Отолово
Май	5,0	3,0
Июль	5,5	3,0
Август	2,0	5,0

Таблица 6 – Данные по содержанию хлорофилла-а в исследуемых озерах, мкг/л [4]

Месяц исследования	Озеро Кривое	Озеро Отолово
Май	2,45	4,40
Июль	9,85	9,10
Август	1,10	4,90

Исходя из полученных данных по величинам прозрачности, хлорофилла-а, численности и биомассе фито- и зоопланктона за исследуемый период сделаны следующие выводы по уровням трофности исследуемых озер: озеро Кривое – по большинству показателей озеро

мезотрофного типа, озеро Отолово – пограничное положение между мезотрофным и эвтрофным типом (табл. 5, 6).

Список литературных источников

1. Якушко, О. Ф. Белорусское Поозерье. История развития и современное состояние озер северной Беларуси / О. Ф. Якушко. – Мн., 1971. – 336 с.
2. Россолимо, Л. Л. Основы типизации озер и лимнологического районирования. Накопление веществ в озерах / Л. Л. Россолимо. – 1964. – С. 5–46.
3. Оценка динамики изменения площади связанных с водой экосистем и разработка научно-обоснованных мероприятий для их охраны и восстановления. Установление причин и последствий изменения структуры и состояния связанных с водой экосистем Республики Беларусь : отчет о НИР (подэтап 3.2) / рук. О. М. Таврыкина ; исполн. Е. А. Ивашко [и др.]. – М., 2023. – 86 с.
4. Проведение экспериментальных работ по определению индикаторных показателей трофности на 4 озерах в осенний период : отчет о НИР (подэтап 1.3) /рук. О. М. Таврыкина ; исполн. А. З. Макусь [и др.]. – М., 2023. – 77 с.
5. Особенности антропогенной трансформации ландшафтов и озерных геосистем Белорусского Поозерья / Н. Д. Грищенко [и др.]. – 27 Международная научная конференция «Третьи ландшафтно-экологического чтения «Ландшафтная география в XXI веке», посвященные 100-летию со дня рождения Г. Е. Гришанкова». – 2018. – С. 26–29.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УЧАСТКАХ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В БАССЕЙНЕ р. ВЕДРИЧ

Пашкевич В.И., Жогло В.Г.

*Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,
v.i.pashkevich@tut.by*

В бассейне р. Ведрич, правого притока р. Днепр, расположено 14 разрабатываемых нефтяных месторождений Припятской нефтегазоносной провинции, в том числе крупнейшее из них Речицкое, которое эксплуатируется с 1965 г. Загрязнение пресных подземных вод в районах нефтедобычи формируется на участках хранения отработанных буровых растворов в шламовых амбарах, а также в результате утечек и аварийных разливов попутных вод (рассолов), нефти и минерализованных вод, используемых в системах поддержания пластового давления, потерь химикатов, применяемых для увеличения нефтеотдачи пластов и т. д. Это техногенное загрязнение накладывается на другие его виды (сельскохозяйственное и коммунально-бытовое), которые также оказывают весьма существенное влияние на формирование химического состава подземных вод региона.

Geocological state of groundwater in oil field development areas in the Vedrich river basin

Pashkevich V., Zhoglo V.

In the river basin Vedrich, the right tributary of the river Dnieper, there are 14 developing oil fields of the Pripyat oil and gas province, including the largest of them Rechitskoe, which has been in operation since 1965. Contamination of fresh groundwater in oil production areas is formed in areas where spent drilling fluids are stored in sludge pits, as well as a result of leaks and emergency spills of associated waters, oil and mineralized waters used in reservoir pressure maintenance systems, losses of chemicals used to increase oil recovery, etc. This technogenic pollution is superimposed on its other types (agricultural and municipal), which also have a very significant impact on the formation of the chemical composition of groundwater in the region.

Бассейн р. Ведрич расположен в пределах северо-восточной части Припятского артезианского бассейна и занимает площадь 1330 км². Зона пресных подземных вод – зона активного водообмена, включает здесь водоносные горизонты и комплексы в толщах четвертичных (Q), палеогеновых (P), меловых (K) и верхней части юрских (J₃) отложений.

Подстилающая этот разрез глинистая толща бат-келловейского возраста ($J_2 + 3bt + k$) является региональным водоупором, разделяющим зоны активного и замедленного водообмена. Зона замедленного водообмена охватывает отложения средней юры (J_2), триаса (Т), перми (Р), карбона (С) и надсолевой толщи верхнего девона (D_3), поверхность которой осложнена рядом соляных куполов, прорывающих вышележащие отложения вплоть до юрских. Минерализация подземных вод и рассолов изменяется здесь в широком диапазоне от нескольких граммов до 150–260 г/л. Их состав является в основном хлоридным натриевым.

Мощность зоны активного водообмена в среднем составляет 250–300 м [1], однако на некоторых участках, главным образом вблизи солянокупольных структур, она может сокращаться до 150–200 м, где прослеживается хлоридно-натриевое засоление ($M > 1,0$ г/л) не только верхнеюрского, но и мелового водоносных горизонтов. В зоне активного водообмена подземные воды, вне участков антропогенного загрязнения, характеризуется преимущественно гидрокарбонатным кальциевым или магниевым-кальциевым составом и величиной минерализации от 0,2 до 0,6 г/л. Лишь в самой нижней ее части, вблизи зоны соленых хлоридных натриевых вод они приобретают переходный гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциевый состав, а их минерализация возрастает до 0,7–1,0 г/л и более. Так, на участке Речицкой криптодиapiroвой структуры у д. Лазаревка Речицкого р-на в скв. № 2-Н, оборудованной на меловой водоносный комплекс (К) в интервале глубин 154–160 м, минерализация подземных вод составляла 0,94–1,09 г/л, а в скв. № 3-Н, оборудованной на юрский водоносный комплекс (J) в интервале глубин 250–267,3 м, достигала 5,45–5,67 г/л. Химический состав этих вод является уже хлоридным натриевым.

На территории бассейна р. Ведрич находится значительное количество источников антропогенного загрязнения подземных вод – сельскохозяйственного, коммунально-бытового и промышленного, включая загрязнение, связанное с разработкой нефтяных месторождений. В целом, эта территория характеризуется достаточно высокой степенью хозяйственной освоенности. Площадь сельскохозяйственных земель достигает 40 %. Здесь расположены десятки сельских населенных пунктов, а также города Василевичи и Речица (частично). Вместе с тем, в силу ряда геолого-гидрогеологических особенностей региона, в бассейне р. Ведрич преобладают территории, в пределах которых подземные воды характеризуются как незащищенные и слабо защищенные и лишь на отдельных участках – как условно защищенные [2]. Это связано, в первую очередь, с особенностями литологического состава покровных отложений, среди которых преобладают хорошо проницаемые аллювиальные (aIV, aIIIpz), озерно-аллювиальные (laIIIpz) и флювиогляциальные (fIIIdn^s) пески и супеси. Слабая защищенность обусловлена также небольшими глубинами залегания подземных вод первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта – грунтовых вод. Эти глубины составляют здесь преимущественно 1,5–2,5 м и очень редко достигают 5–10 м. Как следствие, на всех участках, где имеются поверхностные источники загрязнения (пахотные земли, на которых применяются минеральные и органические удобрения, животноводческие фермы, территории сельских и городских населенных пунктов, промплощади предприятий и др.), химический состав грунтовых вод всегда испытывает различного рода трансформации вплоть до уровней, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), установленные для питьевых вод в системах централизованного и нецентрализованного водоснабжения [3].

Сельскохозяйственное загрязнение подземных вод, связанное с применением минеральных и органических удобрений на пахотных землях, охватывает наиболее значительные площади и имеет, таким образом, региональный характер. Оно проявляется в основном в горизонте грунтовых вод на глубинах до 15–20 м. Основными компонентами этого загрязнения являются ионы Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ . Их содержание в грунтовых водах на таких участках существенно превышает уровни естественного гидрогеохимического фона [4], но, как правило, не достигает уровней ПДК в питьевых водах. С большей интенсивностью сельскохозяйственное загрязнение проявляется в пределах животноводческих ферм, где оно может прослеживаться не только в грунтовом, но и в более глубоких горизонтах – межморенном березинско-днепровском (f,lgIIbr-dn) и палеогеновом (Р) на глубинах до 40–50 м. Так, например, в скважине на молочно-товарной ферме (МТФ) в д. Пожихар Светлогорского р-на, оборудованной на березинско-днепровский водоносный комплекс (f,lgIIbr-dn) на

глубине 30,8–36,0 м, содержание нитратов (NO_3) достигало 37,2–54,6 мг/л при уровне ПДК, равном 45 мг/л. На смежной территории в д. Замостье Калинковичского р-на в скважине на МТФ, оборудованной на палеогеновый водоносный комплекс (Р) на глубине 43,0–48,0 м, содержание NO_3^- составляло 37,0 мг/л, то есть было близким к уровню ПДК. Однако в большинстве артезианских скважин на животноводческих фермах высоких уровней сельскохозяйственного загрязнения не наблюдается.

В пределах населенных пунктов достаточно высокой интенсивностью характеризуется коммунально-бытовое загрязнение, формирующееся за счет бытовых стоков, утечек из канализационных сетей и туалетов на фильтрующих ямах. В сельских населенных пунктах и в районах частной застройки в городах это загрязнение накладывается на сельскохозяйственное, обусловленное активным применением на приусадебных участках удобрений и поступлением стоков из мест содержания домашнего скота и птицы, а в городах оно накладывается на промышленное и транспортное загрязнение. Как следствие, грунтовые воды на этих территориях характеризуются чрезвычайно высокими уровнями антропогенного загрязнения. Наибольшей интенсивностью отличается нитратное загрязнение. Так, в выборке из 46 проб воды из колодцев превышение ПДК по нитратам фиксировалось в 80 % из них. В некоторых содержание NO_3^- достигало: 347,2 мг/л – 7,7 ПДК (Речицкий р-н, д. Молчаны, д. 47); 528,9 мг/л – 11,7 ПДК (Речицкий район, д. Капоровка, ул. Зеленая, д. 5) и даже 1031,7 мг/л – 22,9 ПДК (Речицкий р-н, д. Капоровка, ул. Трудовая, д. 17). Воды этих колодцев характеризовались также повышенной общей жесткостью – до 21,5 мг-экв/л (ПДК = 10,0 мг-экв/л), общей минерализацией – до 2,87 г/л (ПДК = 1,0 г/л), содержанием хлор-иона (Cl^-) – до 433,3 мг/л (ПДК = 350 мг/л), а также ряда других компонентов (K^+ – до 327,6 мг/л, SO_4^{2-} – до 170,9 мг/л, Na^+ – до 190,9 мг/л). В водах колодцев нередко фиксировались повышенные содержания нефтепродуктов: 0,218 мг/л (ПДК = 0,1 мг/л) – в д. Новинки Калинковичского р-на, ул. Мира, д. 269; 0,28 мг/л – в г. Василевичи Речицкого р-на, ул. Садовая, д. 167; 0,55 мг/л – в д. Лазаревка Речицкого р-на, д. 17.

На территории бассейна р. Ведрич находится большое число источников техногенного загрязнения, связанного с разработкой нефтяных месторождений. В целом, бассейн характеризуется очень высокой плотностью расположенных на его территории нефтяных месторождений, 14 из которых в настоящее время активно разрабатываются. В первую очередь это Речицкое месторождение – самое крупное и имеющее наиболее длительную историю эксплуатации (с 1965 г.), а также Золотухинское (относится к категории средних), Первомайское, Восточно-Первомайское, Озерщинское, Тишковское, Южно-Тишковское, Ведричское, Красносельское, Ветхинское, Малодушинское, Старомалодушинское и Западно-Малодушинское. Здесь пробурено более 600 глубоких нефтепоисковых, нефтеразведочных и эксплуатационных (нефтепромысловых) скважин, а также нагнетательных скважин для поддержания пластового давления в нефтяных залежах. Их глубина составляет от 1000 до 4000–5000 м. На территории нефтепромыслов проложены сотни километров технических трубопроводов и построены десятки нефтеперекачивающих установок [5]. Бурение каждой скважины сопровождается образованием значительных объемов производственных отходов в виде буровых сточных вод, отработанных буровых растворов и выбуренных горных пород, часто соленосных [2]. Основными источниками загрязнения пресных подземных вод на нефтепромыслах являются шламовые амбары, содержащие отходы бурения. Загрязнение подземных вод на нефтепромыслах формируется также в результате утечек и аварийных разливов попутных вод (рассолов), нефти и минерализованных вод, используемых в системах поддержания пластового давления; потерь химикатов, используемых для увеличения нефтеотдачи пластов и т. д. С целью решения проблемы хранения отходов бурения в начале 2000-х гг. у д. Лазаревка Речицкого р-на было построено Опытно-промышленное подземное хранилище (ОППХ), которое представляет собой огромную емкость (каверну), размытую в толще соляного купола Речицкого криптодиапира. Эта каверна размывалась в скв. № 1-ОП глубиной 990 м в толще каменной соли верхнедевонского возраста (D₃1), а захоронение рассолов выщелачивания (растворения) осуществлялось в поглощающую скв. № 6Н глубиной 525 м. Хлоридные натриевые рассолы с минерализацией свыше 300 г/л закачивались в песчаные отложения корневской свиты индского яруса нижнего триаса (T_{1kr}) и, таким образом, не загрязняли пресные подземные воды зоны активного водообмена.

Загрязнение подземных вод, формирующееся на участках нефтедобычи, проявляется на сравнительно локальных участках, однако характеризуется исключительно высокой интенсивностью. Основными компонентами этого загрязнения являются компоненты рассолов – ионы Cl^- и Na^+ , а также Ca^{2+} , Mg^{2+} и в меньшей степени Fe^{2+} , которые накапливаются в водах в основном в результате ионообменных процессов между поглощенным комплексом почвогрунтов и хлоридно-натриевыми рассолами. На участках загрязнения часто фиксируются и повышенные содержания нефтепродуктов. Так, например, в скважине водоснабжения № 8а на базе ЦПКРС у д. Молчаны Речицкого р-на, оборудованной на палеогеновый водоносный горизонт (Р) на глубине 46,0 м, содержание Cl^- достигало 3804,2 мг/л (10,9 ПДК); Na^+ – 8788,6 мг/л (4,4 ПДК); Ca^{2+} – 1160 мг/л; Mg^{2+} – 199,2 мг/л; $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ – 42,0 мг/л (140 ПДК), а общая минерализация составляла 6,35 г/л (6,3 ПДК). Многократно превышался здесь допустимый уровень и по нефтепродуктам, содержание которых достигало 0,52 мг/л (5,2 ПДК).

Исключительно высокие уровни загрязнения грунтовых вод летучими и полулетучими органическими соединениями были установлены в пределах Головных сооружений РУП «ПО «Белоруснефть» в г. Речица на участке вблизи складов химреагентов [6]. Почвогрунты и грунтовые воды имели здесь очень резкий, специфический запах. В наиболее высоких концентрациях в грунтовой воде на этом участке присутствовали 1,3-пентадиен (пиперилен) – 8,0 мг/л и 1,4-пентадиен – 7,0 мг/л. Пиперилен ранее широко использовался на нефтепромыслах и в больших объемах хранился на складе химреагентов. Использование пиперилена было прекращено в начале 1990-х гг., однако его утечки в предыдущие годы сформировали весьма значительное загрязнение почвогрунтов и грунтовых вод. Наибольшую опасность представляет установленное загрязнение грунтовых вод четыреххлоридным углеродом. Его концентрация достигала здесь 4,4 мг/л. Этот компонент относится к категории санитарно-токсикологических показателей вредности, имеет 1-й класс опасности и уровень его ПДК в воде составляет 0,006 мг/л. Таким образом, наблюдаемая концентрация четыреххлоридного углерода более чем в 700 раз превышала уровень ПДК. Кроме того, уровни ПДК в этих водах превышались по ксилолам (5,9 ПДК) и бензолу (5,7 ПДК).

На использовании пресных подземных вод в регионе базируется практически все хозяйственно-питьевое водоснабжение. В связи с этим, наличие здесь многочисленных источников антропогенного загрязнения подземных вод и, в первую очередь техногенного, связанного с активной разработкой нефтяных месторождений, а также высокие уровни уже сформировавшегося загрязнения, создающие угрозы использованию подземных вод в питьевых целях, обуславливают необходимость поиска путей управления их качеством. Важным и необходимым элементом решения проблемы является разработка единой математической гидрогеологической модели подземной гидросферы бассейна р. Ведрич, охватывающей зоны активного и замедленного водообмена и позволяющей разрабатывать долговременные прогнозы качества подземных вод и осуществлять, например, выбор участков размещения экологоопасных объектов (мест хранения или захоронения особоопасных отходов и т. д.). Необходимость разработки единой модели, в дополнение к ранее разработанной для зоны пресных подземных вод [2], обусловлена тем, что, как показывают результаты выполненных исследований, химический состав подземных вод в нижней части зоны активного водообмена на многих участках, главным образом в районах солянокупольных структур, испытывает существенное влияние подтока минерализованных хлоридно-натриевых подземных вод из верхних горизонтов зоны замедленного водообмена. Следовательно, подземные воды этих гидродинамических зон находятся в определенном взаимодействии. Помимо этого, водоносные горизонты и комплексы зоны замедленного водообмена, в первую очередь триасовый (Т) и пермский (Р), в последние годы все активнее вовлекаются в использование как для добычи минерализованных подземных вод, используемых в системах поддержания пластового давления на нефтепромыслах, так и для захоронения рассолов выщелачивания и некоторых других видов жидких отходов. Это изменяет гидродинамические условия в водоносных горизонтах и комплексах зоны замедленного водообмена, что неизбежно влияет и на характер их взаимодействия с подземными водами зоны активного водообмена.

Список литературных источников

1. Кудельский, А. В. Региональная гидрогеология и геохимия поземных вод / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 271 с.
2. Пресные подземные воды Гомельской области: динамика и экология / Жогло В. Г. [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2018. – 176 с.
3. Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды» : утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 г. № 37.
4. Пашкевич В. И. Оценка естественного геохимического фона подземных вод четвертичных отложений Беларуси / В. И. Пашкевич, С. В. Шелухин // Материалы научн.-техн. конф. «Водные ресурсы и устойчивое развитие экономики Беларуси». – Минск : ЦНИИКИВР, 1996. – Т. 2. – С. 63–65.
5. Заборовская, Г. В. Промышленное и сельскохозяйственное загрязнение подземных вод бассейна р. Ведрич / Г. В. Заборовская // Проблемы экологии Белорусского Полесья : сб. науч. тр. / Гомел. гос. ун-т. – Гомель, 2002. – Вып. 2. – С. 301–305.
6. Пашкевич, В. И. Геоэкологическое состояние пресных подземных вод на территории нефтепромыслов ПО «Белоруснефть» / В. И. Пашкевич, П. Б. Цалко, М. С. Жук // «Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии» : материалы Междунар. науч. конф. – Минск : ИГиГ НАН Беларуси. 2005. – Т. 2. – С. 95–97.

УЛЬТРАПРЕСНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ – НОВЫЙ ВИД ГИДРОМИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ

Пашкевич В.И.

*Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,
v.i.pashkevich@tut.by*

Приводится гидрогеохимическая характеристика и оценка геолого-гидрогеологических условий формирования уникальных ультрапресных подземных вод, то есть вод с минерализацией менее 100 мг/л, наличие которых установлено в некоторых районах Белорусского Полесья. Они являются геохимическими аналогами известных марок питьевых бутилированных вод «Spa» (Бельгия), «Voss» (Норвегия), «Arctic pearl» (Финляндия) и др. Показана целесообразность проведения специальных гидрогеологических исследований с оценкой эксплуатационных запасов ультрапресных подземных вод на перспективных участках, что является необходимым этапом в освоении этого нового для Беларуси вида гидроминеральных ресурсов.

Ultra-fresh groundwater is a new type of hydromineral resources in Belarus Pashkevich V.

The hydrogeochemical characteristics and assessment of geological and hydrogeological conditions of formation of unique ultra-fresh groundwater, i. e. water with mineralization less than 100 mg/l, the presence of which is established in some areas of Belarusian Polesie is given. They are geochemical analogs of well-known brands of drinking bottled water “Spa” (Belgium), “Voss” (Norway), “Arctic pearl” (Finland) and others. The expediency of special hydrogeological studies with assessment of exploitable reserves of ultra-fresh groundwater in promising areas is shown, which is a necessary stage in the development of this new type of hydro-mineral resources for Belarus.

Пресные подземные воды, то есть воды с минерализацией не более 1000 мг/л, имеют на территории Беларуси повсеместное распространение и формируют самую верхнюю гидродинамическую зону подземной гидросферы – зону активного водообмена. Ее мощность изменяется в диапазоне от 100–150 до 1000–1200 м и в среднем составляет 250–350 м. В естественных условиях, то есть на участках, где отсутствует антропогенное загрязнение (сельскохозяйственное, коммунально-бытовое, промышленное и др.), пресные подземные

воды по химическому составу являются гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми с минерализацией в среднем 300–400 мг/л. Лишь в самой нижней части зоны пресных подземных вод на границе с зоной минерализованных хлоридных натриевых вод они приобретают более сложный хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав и более высокую (до 700–1000 мг/л) минерализацию [1]. На использовании пресных подземных вод базируется практически все хозяйственно-питьевое водоснабжение в нашей стране.

Детальные исследования региональных особенностей химического состава пресных подземных вод Беларуси и основных закономерностей их вертикальной и горизонтальной гидрогеохимической зональности позволили выявить на ее территории ряд участков распространения подземных вод с особенно низкой минерализацией – от 10 до 80 мг/л, что в среднем в 5–10 раз ниже минерализации обычных питьевых вод [2]. Это, так называемые, ультрапресные подземные воды. Часто их минерализация составляет не более 10–30 мг/л, что близко к средней минерализации атмосферных осадков на этой территории (10–20 мг/л) [3]. Такие воды не только в Беларуси, но и во всем мире встречаются очень редко и в местах своего проявления активно используются для бутылочного розлива в качестве питьевых вод. К водам этого типа относятся известные марки питьевых бутилированных вод «Spa» (Бельгия), «Voss» (Норвегия), «Arctic pearl» (Финляндия), «Opure de France» (Франция) и др. [4]. Ультрапресные воды обладают очень хорошими вкусовыми качествами, рекомендуются для диетического питания и приготовления детских смесей. Они также характеризуются рядом ценных бальнеологических свойств, что позволяет использовать их в санаторно-курортной практике [5]. Так, воды источников «Spa», которые расположены в бельгийских Арденнах и имеют минерализацию от 33 до 95 мг/л (Spa Reine, Spa Barisart, Spa Marie Henriette), активно использовались для бальнеолечения еще со времен Римской империи. В XIV в. город Спа приобрел статус первого в мире водного курорта. Его регулярно посещали многие европейские монархи, в том числе Петр I. Его имя носит один из самых популярных источников – Pouchon Pierre le Grand. С источников «Spa», собственно, и началась европейская традиция лечения минеральными водами. Топоним «Spa» со временем стал устойчиво ассоциироваться с водолечением и превратился в нарицательное понятие. В XIX в. воды источников стали бутилироваться и распространяться по всему миру. В 2021 г. курорт «Spa» был объявлен ЮНЕСКО объектом всемирного наследия и входит в число 10 «великих курортных городов Европы». Зона водного питания источников тщательно охраняется от возможного загрязнения.

На территории Беларуси ультрапресные подземные воды по условиям своего формирования чаще всего бывают приурочены к первому от поверхности безнапорному горизонту грунтовых вод на глубинах до 20–25 м и встречаются на участках с исключительно высокой гидрогеологической промытостью покровных отложений, представленных толщами мономинеральных кварцевых песков с развитыми на них легкими песчаными почвами. Наиболее значительные площади распространения ультрапресных грунтовых вод установлены в Белорусском Полесье, где они приурочены к относительно возвышенным участкам водноледниковых равнин и вторых надпойменных террас на междуречьях Уборти и Ствиги, Случи и Птичи, Цны и Лани, а также некоторых других рек [2]. На этих участках абсолютно преобладают легкие песчаные почвы, развитые на мощных толщах флювиогляциальных (*flldn^s*) и аллювиальных (*allpz*) кварцевых песков. Эти хорошо промытые отложения не содержат карбонатов, полевых шпатов и других минералов, растворение которых могло бы обеспечить существенный рост минерализации инфильтрующихся к горизонту грунтовых вод атмосферных осадков.

На водораздельных участках, где имеет место активное нисходящее перетекание подземных вод из грунтового горизонта в нижележащие напорные горизонты и комплексы, то есть происходит их водное питание, зона распространения ультрапресных подземных вод может прослеживаться до глубины 70–80 м. На таких участках ультрапресные подземные воды могут быть приурочены к развитым на данной территории напорным водоносным горизонтам в толщах березинско-днепровских (*f,lgllbr-dn*) и палеогеновых (P) отложений если в их разрезах отсутствуют значительные по мощности прослойки супесей, суглинков и глин. В этих условиях напорные водоносные горизонты, содержащие ультра-

пресные подземные воды, характеризуются достаточно высокой водообильностью и более удовлетворительной защищенностью от поверхностного загрязнения, что позволяет использовать их для организации производства бутилированных питьевых вод нового типа.

В настоящее время ни в Беларуси, ни в соседних странах (Россия, Украина, Польша и др.) природные ультрапресные бутилированные воды, то есть не подвергавшиеся искусственному обессоливанию подобно воде «Вонаква» (Беларусь) или «Святой источник» (Россия), не производятся, что указывает на значительный экспортный потенциал выявленных в Беларуси ультрапресных подземных вод.

На целесообразность освоения ресурсов ультрапресных подземных вод Беларуси указывается в «Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года», утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22.02.2022 г. № 91. В этом документе отмечается, что для освоения перспективных участков распространения ультрапресных подземных вод и организации их добычи необходимо проведение комплекса геолого-гидрогеологических исследований. Следует отметить, что выбор перспективных участков для проведения геологоразведочных работ является важным этапом освоения ресурсов ультрапресных подземных вод. Эти воды, в отличие от обычных пресных, не имеют повсеместного распространения и выявляются на локальных площадях. Помимо этого, перспективные участки должны характеризоваться благоприятными логистическими и инфраструктурными условиями для организации производства бутилированных вод, так как существует требование, в соответствии с которым предприятия по розливу должны размещаться непосредственно на участках добычи этих вод. Перспективные участки должны также характеризоваться благоприятными геоэкологическими условиями, поскольку ультрапресные подземные воды на всей площади своего распространения, как правило, отличаются сравнительно низкой степенью естественной защищенности от поверхностного загрязнения. Результатом всех поисково-разведочных работ должна стать оценка эксплуатационных запасов ультрапресных подземных вод на выделенных перспективных участках с утверждением этих запасов в Республиканской комиссии по запасам полезных ископаемых. Это позволит привлечь инвесторов для промышленного освоения месторождений ультрапресных подземных вод, являющихся новым видом гидроминеральных ресурсов Беларуси.

Список литературных источников

1. Кудельский, А. В. Региональная гидрогеология и геохимия подземных вод Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 271 с.
2. Пашкевич, В. И. Ультрапресные подземные воды Беларуси / В. И. Пашкевич, М. К. Коваленко // Природные ресурсы. – 2010. – № 2. – С. 48–55.
3. Pashkevich, V. I. The influence of atmospheric precipitations on the formation of the ground water chemical composition on the territory of the Belarusian Polessie / V. I. Pashkevich // Acidification and Water Pathways. International conference (4–8 May 1987). – Bolkesjo, Norway, 1987. – P. 289–298.
4. Станкевич, Р. А. Минское месторождение глубоких артезианских вод : краткий очерк природных условий и истории освоения / Р. А. Станкевич. – Мн. : Беларуская навука, 1997. – 87 с.
5. Пашкевич, В. И. Ультрапресные подземные воды Беларуси и перспективы их использования / Пашкевич В. И., Каравай Т. В., Кашицкий Э. С. // Новости медико-биологических наук. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 103–106.

МОНИТОРИНГ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Ронжин А.Л., Глибко О.Я.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия, ronzhin@iias.spb.su

Проанализированы общие положения об экологическом мониторинге и особенности проактивного управления водными экосистемами. Изложена схема организации и проведения мониторинга, его основные направления. Показаны современные направления совершенствования междисциплинарных мониторинговых исследований. Отдельно рассмотрены вопросы реабилитации нарушенных водных экосистем.

Monitoring, forecasting and rehabilitation of disturbed and polluted natural and economic aquatic ecosystems

Ronzhin A., Glibko O.

The general provisions on environmental monitoring and features of proactive management of aquatic ecosystems is analyzed. A scheme for organizing and conducting monitoring and its main directions are outlined. Current directions for improving interdisciplinary monitoring research are shown. The issues of rehabilitation of disturbed aquatic ecosystems are considered separately.

Проактивное управление процессами водных экосистем, подверженных антропогенному воздействию, основано на непрерывном экологическом мониторинге, прогнозировании и предупреждении негативных тенденций [1]. С правовой точки зрения экологический мониторинг направлен на проведение комплексных наблюдений за основными природными ресурсами и объектами [2]. В отношении водных экосистем выделяют государственный мониторинг водных объектов и биологических ресурсов [3, 4, 5]. Оба этих вида мониторинга входят в государственную систему экологического мониторинга России. Помимо государственного, существует производственный экологический мониторинг (ПЭМ), осуществляемый непосредственно хозяйствующими субъектами [6].

Мониторинг водных экосистем имеет ряд особенностей по сравнению с другими видами мониторинга ввиду особенностей самих водных объектов как среды обитания [7]. В воде быстрее происходит распространение различных загрязняющих веществ и их трансформация. В водоемах формируются относительно обособленные сообщества живых организмов – гидробиоценозы. При обеспечении населения питьевым и хозяйственно-бытовым водоснабжением проводится мониторинг водных экосистем по двум следующим направлениям:

1. Мониторинг состояния водных объектов: гидрохимический и гидрологический мониторинг основных физических характеристик водного объекта: уровень воды, температура воды и др.; мониторинг состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохраных зон.

2. Мониторинг состояния водных организмов, включающий в себя: бактериологический мониторинг; мониторинг зообентоса; мониторинг фито- и зоопланктона; мониторинг высшей водной растительности; ихтиологический мониторинг; мониторинг водных млекопитающих.

Первая составляющая мониторинга водных экосистем, аналогичная государственному мониторингу водных объектов, оценивает общее состояние экосистем с точки зрения прежде всего физических и химических факторов. На этом уровне происходит общая оценка уровня загрязнений и воздействий. Но наибольшее внимание при организации мониторинга водных экосистем уделяется популяционному и биоценозическому уровню организации организмов, то есть биомониторингу. Биологический метод дает интегрированную оценку влияния всей совокупности изменений водной среды на состояние популяций гидробионтов и в целом экосистемы.

Реакцию на изменения среды исследуют на разных систематических и трофических уровнях организации живых организмов. В качестве показателей регулярного контроля используются гидробионты разного трофического уровня – от фитопланктона до рыбы и водных млекопитающих. Важным объектом, требующим постоянного мониторинга на современном этапе, являются виды-вселенцы, поскольку они являются одним из основных факторов, трансформирующих водные экосистемы.

При антропогенном воздействии на водные экосистемы прежде всего важен анализ изменений в живых системах. Однако определение и оценка таких биологических откликов не всегда возможны. В первую очередь это связано с тем, что далеко не по всем водным объектам, которые учитываются системой мониторинга, имеются многолетние данные, то есть не всегда понятно, что можно считать «нормой» для данной водной экосистемы, а что нет. В этих условиях первостепенными задачами при постановке мониторинговых работ является организация регулярных наблюдений по выбранным параметрам т.е. получение длительного ряда данных о состоянии водных объектов.

Мониторинг имеет несколько стадий [8]. На первой стадии происходит выбор и обоснование объектов наблюдений и наблюдаемых показателей, выбор мест наблюдений (точек отбора проб, постов наблюдений), планирование сроков и периодичности наблюдений. Все эти данные отражаются в программе мониторинга, которая утверждается в установленном порядке. На второй стадии осуществляется сбор мониторинговых данных. На третьей стадии производится систематизация и обработка полученного материала, включая определение тех показателей, которые не могут быть зафиксированы непосредственно и вычисляются расчетными методами. Это простые показатели, характеризующие какой-либо компонент экосистемы (численность, биомасса, число видов и т. п.), комбинированные, отражающие компоненты с разных сторон (индекс загрязнения, видовое разнообразие, соотношение трофических групп и т. п.) и комплексные, использующие сразу несколько компонентов экосистемы (сапробность, продукция, устойчивость сообщества и пр.). Формируются атрибутивные базы данных, куда заносятся данные по контролируемым показателям в разрезе постов наблюдений и точек отбора проб, а также времени наблюдений. При этом используются геоинформационные системы для визуализации, облегчения обработки и хранения получаемых мониторинговых данных.

При интерпретации полученных данных используют как стандартные теоретические методы (сравнительный, исторический, анализ, синтез и др.), так и специальные. Следует учитывать вероятностный характер любых оценок. На данной стадии по результатам обработки и анализа мониторинговых данных дается комплексная оценка последствий антропогенного воздействия, степени и характера нарушений жизнедеятельности водных сообществ. Делается вывод о степени воздействия осуществляемой деятельности, в том числе о соответствии оценки воздействия на окружающую среду, проведенной на стадии проектирования деятельности, фактическому уровню и степени воздействия, о восстановлении биоты в водных объектах либо отсутствии такового.

На последней стадии, с учетом выявленных тенденций в развитии экосистемы, возможно планирование дополнительных природоохранных мероприятий, либо обоснование замены/отказа от каких-либо мероприятий, которые утратили актуальность либо неэффективны.

Развитие мониторинговых исследований на современном этапе обусловлено все большим применением современных методов и технических средств, позволяющих, с одной стороны, получать более точные данные (увеличение точности измерений, уменьшение погрешности), с другой – обеспечить их большую полноту и охват.

Так, в Институте озераведения СПб ФИЦ РАН сконструирован интеллектуальный смарт-дночерпатель на основе стандартного дночерпателя Экмана-Берджи, который позволяет в значительной мере упростить и увеличить производительность отбора за счет практического исключения неправильного срабатывания и соответственно холостых спуско-подъемов, а также получать более достоверные и полные данные о глубине, как и дополнительные данные (температура воды по горизонтам, данные по замедлению дночерпателя, характеризующими механические свойства грунта и др.) [9, 10].

Применение автоматических станций мониторинга, устанавливаемых локально по сети станций, позволяет получать данные в режиме реального времени с заданной частотой. Так как в автоматизированном режиме возможно контролировать только ограниченное количество показателей, то их выбор для конкретных пунктов должен выполняться на основе анализа предыдущих наблюдений и сведений о специфических загрязнителях. Пункты контроля качества воды, работающие в автоматизированном режиме, должны быть привязаны территориально к пунктам режимной сети контроля Росгидромета.

Применение методов дистанционного зондирования (дистанционный мониторинг с использованием данных аэросъемки, космических снимков, а также надводных и подводных беспилотных аппаратов) позволяет получать данные с больших территорий (акваторий) за короткие промежутки времени [11]. Основным преимуществом дистанционного мониторинга также являются относительно низкие затраты по сравнению с проведением пробоотбора и натурных измерений. При этом главным фактором становится выбор дистанционно определяемого параметра, его идентификация и интерпретация, в том числе с применением методов математического моделирования.

Основная задача экологического мониторинга состоит в проактивном управлении, то есть на основе прогнозирования предупреждать об опасности до наступления неблагоприятных явлений, необратимых ситуаций и выработке системы контрмер для предотвращения или минимизации возможного экологического ущерба.

Совершенствование методов прогноза связано с использованием физически обоснованных и верифицированных математических моделей. Так, в системе мониторинга водной системы Ладожское озеро – река Нева рекомендованы следующие модели: модель формирования стока с водосборов; модель выноса биогенных веществ с водосборов; модель течений и переноса примеси в реке Нева; модель течений и переноса примеси в Ладожском озере. Первые две модели из числа перечисленных относятся к категории концептуальных моделей, то есть в их основе лежит физически обоснованная концепция (соблюдение баланса воды и примесей). Параметризация моделей выполнена с привлечением эмпирических зависимостей, отражающих территориальные особенности водосборов Северо-запада России. Две последние модели из списка – классические гидродинамические модели, разработанные для конкретных объектов и прошедшие на них верификацию [12].

Принятие управленческих решений по данным мониторинга природно-хозяйственных водных систем в первую очередь должно быть связано с разработкой и реализацией мер по восстановлению их нарушенного состояния (реабилитации). Нормативно вопросы реабилитации водных экосистем урегулированы достаточно слабо. Предусмотрены мероприятия по охране поверхностных водных объектов, биологической и технической рекультивации водных объектов (извлечение объектов механического засорения; ликвидацию последствий загрязнения и засорения, расчистку поверхностных водных объектов от донных отложений; аэрацию водных объектов и др.) [13].

В законодательстве о рыболовстве более подробно и системно урегулирован вопрос планирования и осуществления восстановительных мероприятий, направленных на улучшение состояния водных биоресурсов и среды их обитания: искусственное воспроизводство водных биоресурсов, рыбохозяйственную мелиорацию, акклиматизацию вселяемых водных биоресурсов в водные объекты.

Рыбохозяйственная мелиорация проводится с целью улучшения гидрологического, гидрогеохимического, экологического состояния водных объектов, создания условий рационального использования водных биоресурсов и производства продукции аквакультуры. Мелиорация позволяет эффективно бороться с такими явлениями, как зарастание водоемов, заиление, заболачивание, «цветение» воды и другими, однако в настоящее время как направление реабилитации водных экосистем мелиорация используется слабо.

Анализ мероприятий по реабилитации водных экосистем, организуемых в пределах Северо-Западного региона РФ, показывает, что они, как правило, носят единичный, несистемный характер, зачастую недостаточно обоснованы.

Например, в 94,8 % случаев мероприятия по рыбохозяйственной мелиорации организуются рыбоводными хозяйствами в целях увеличения продукции аквакультуры. К наиболее

масштабным государственным мероприятиям можно отнести рыбохозяйственную мелиорацию озера Ильмень (Новгородская область), проводимую в 2019–2020 гг. Северо-Западным филиалом ФГБУ «Главрыбвод». Она включала выкос водной растительности и проведение дноуглубительных работ в пойме озера и устьевых участках рек Мста и Ловать. Отдельные мероприятия по оздоровлению городских водных объектов планируются и осуществляются Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга.

Мероприятия по искусственному воспроизводству рыб являются более масштабными, они планируются хозяйствующими субъектами, которые наносят вред водным биоресурсам. Однако в целом они ограничены возможностями государственных рыбоводных заводов, проводятся несистемно и в целом имеют малую эффективность, зачастую лишь поддерживая численность редких и исчезающих видов рыб на достаточно низком уровне. Для решения вопроса о полноценном восстановлении популяций рыб необходимо планирование комплексных мероприятий, в сочетании с работами по восстановлению среды обитания, утраченных нерестилищ. Так, работы по восстановлению популяций семги, кумжи, озерного лосося должны осуществляться путем ликвидации преград для расселения (недействующие плотины, завалы) и проведением дополнительных мероприятий по их вселению.

Проводимые в СПб ФИЦ РАН междисциплинарные исследования ориентированы на разработку отечественных методик, технологий и технических средств мониторинга, многовариантного прогнозирования и реабилитации нарушенных и загрязненных природно-хозяйственных водных экосистем с применением гетерогенных сенсорных систем, роботизированных средств и технологий искусственного интеллекта обработки больших данных и поддержки принятия решений.

Список литературных источников

1. Мочалов, В. Ф. Комплексная модель оценивания загрязнений акватории порта нефтепродуктами на основе обработки материалов мультиспектральной космической съёмки / Мочалов В. Ф., Соколов Б. В., Саидов А. Г. // Шестая международная научно-практическая конференция «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС – 2021). Труды конференции. – СПб., 2021. – С. 91–94.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.
3. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023).
4. Постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов».
5. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 № 166-ФЗ.
6. ГОСТ Р 56059–2014. Национальный стандарт Российской Федерации производственный экологический мониторинг.
7. Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата / Анохин В. М. [и др.] ; Российская академия наук. – Москва, 2021. – 640 с.
8. Глибко, О. Я. Организация и ведение экологического мониторинга на территории национальных парков / Глибко О. Я., Барсова А. В. // Биосфера. – 2015. – Т. 7, № 3. – С. 321–327.
9. Дудаков, М. О. Модернизированные варианты дночерпателя Экмана-Берджи с дополнительным сенсорным и вычислительным оборудованием для автоматизации захвата и оценивания качества пробы / Дудаков М. О., Дудакова Д. С. // Морские интеллектуальные технологии = Marine intellectual technologies. – 2023. – № 4, ч. 3. – С. 92–99.
10. Ронжин, А. Л. Концептуальная и теоретико-множественная модели задачи функционирования и применения системотехнических решений для пробоотбора донных отложений / Ронжин А. Л., Дудаков М. О., Дудакова Д. С. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 43–54.
11. О теоретических основах аэролимнологии: изучение пресных водоемов и прибрежных территорий с применением воздушных робототехнических средств / Дудакова Д. С. [и др.] // Информатика и автоматизация. – 2022. – Т. 21, № 6. – С. 1359–1393.
12. Румянцев, В. А. Современное состояние и совершенствование системы мониторинга Ладожского озера / Румянцев В. А., Филатов Н. Н., Кондратьев С. А. // Современное состояние и

проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата. – М., 2021. – С. 540–559.

13. Постановление Правительства РФ от 10 сентября 2020 г. № 1391 «Об утверждении Правил охраны поверхностных водных объектов».

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВОДООХРАННЫХ ЗОНАХ

Семененко Л.В.¹, Кочик Е.Н.¹, Андрейчик Д.В.¹, Шкабара В.В.¹, Сорока А.М.¹,
Захаренков М.А.¹, Каштан А.О.¹, Громадская Е.И.², Таврыкина О.М.²

¹Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета (НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ), г. Минск, Республика Беларусь

²Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь

Рассматривается комплексная методика реализации проекта автоматизации экологического мониторинга, ориентированная на обеспечение нового уровня организации данного процесса, на основе активного использования современных информационных технологий. Приведены результаты внедрения данной методики на примере создания информационно-аналитической системы контроля и анализа деятельности в водоохраных зонах (ИАС «Водоохраные зоны»).

Information and analytical system for monitoring and analyzing activities in water protection zones

Semenenko L.¹, Kochik E.¹, Andreychik D.¹, Shkabara V.¹, Soroka A.¹, Zakharenkov M.¹,
Kashtan A.¹, Gromadskaya E.², Tavrykina O.²

A comprehensive methodology for the implementation of an environmental monitoring automation project is considered. Methodology focused on ensuring a new level of the organization of this process on the using of modern information technologies. The results of the implementation methodology are presented on the example of creating an information and analytical system for monitoring and analyzing activities in water protection zones.

Современные информационные технологии, методы усовершенствования процессов и системный подход позволяют перейти на качественно новый уровень автоматизации экологического мониторинга.

Опыт НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ по созданию информационно-аналитических систем позволил реализовать комплексную методику разработки процесса автоматизации экологического мониторинга.

Данная методика ориентирована на глубокое вхождение в предметную область, проведение анализа используемых данных и процессов, существующих проблемных мест и возможных вариантов их устранения.

Проведенный нами анализ при реализации различных проектов автоматизации экологического мониторинга определил основные проблемные места и направления по усовершенствованию данного процесса.

Рассмотрим более подробно данные аспекты:

1. Создание качественных данных и организация процесса их актуализации.

Для эффективной реализации большинства процессов экологического мониторинга требуется наличие качественных пространственных и синхронизированных с ними атрибутивных данных. В то же время анализ существующих баз данных показывает в большинстве

случаев наличие проблем как в качестве накопленных данных, так и в их синхронности в различных источниках и в организации процесса их актуализации.

2. Использование спутниковых данных для поддержки процесса экологического мониторинга.

Одним из перспективных направлений контроля и анализа деятельности в природопользовании и охране окружающей среды является использование спутниковых данных. Их достоинством является оперативность контроля больших площадей, включая районы, сложные для активного мониторинга человеком.

Наиболее перспективным направлением использования спутниковых данных считается детектирование объектов на основе систем искусственного интеллекта. В первую очередь – нейронных сетей глубокого обучения.

Следует отметить, что большинство разработок в этой области носят научно-исследовательский характер и их практическое использование часто представляется проблемным. Кроме того, решение задач, близких к задачам экологического мониторинга, практически отсутствует. Имеющиеся решения использовались для реализации однократных задач без построения процесса непрерывного экологического мониторинга.

3. Использование современных информационных технологий.

В настоящее время активно развиваются современные информационные технологии, которые могут быть использованы для построения качественного мониторинга: Web- и ГИС-технологии, облачные технологии, мобильные приложения.

Использование данных технологий позволяет эффективно решать задачи обмена, синхронизации и актуализации данных, получения оперативных контрольных и аналитических данных и проведения комплексного анализа.

4. Принципы организации процесса экологического мониторинга.

Для успешного решения задач экологического мониторинга с использованием спутниковых данных требуется не только разработка эффективных алгоритмов обработки спутниковых данных на основе искусственного интеллекта или использование современных информационных технологий, но и органическое встраивание данных решений в бизнес-процессы в виде удобных для пользователей приложений.

Для устранения указанных выше проблем нами предлагается комплексная методика реализации проекта автоматизации экологического мониторинга.

В качестве примера использования и успешного внедрения данной методики рассмотрены результаты реализации проекта создания информационно-аналитической системы контроля и анализа деятельности в водоохраных зонах (ИАС «Водоохраные зоны»).

Создание качественных данных и организация процесса их актуализации

Проведенный анализ показал, что основными источниками данных о водных объектах и водоохраных зонах в республике являются две организации:

РУП «ЦНИИКИВР» ведет учетную информацию о водных объектах, вносит предложения о классификации водных объектов и разрабатывает большинство проектов водоохраных зон страны. В то же время в реестре водных объектов РУП «ЦНИИКИВР» нет информации о точных границах водных объектов, которая необходима при разработке проектов водоохраных зон и прибрежных полос для правильной идентификации (с соответствующей классификацией) водного объекта и правильного построения границ водоохраных зон и прибрежных полос.

УП «Проектный институт Белгипрозем» проводит работы по формированию пространственных данных о границах земель под водными объектами на основе данных аэрофотосъемки Государственного предприятия «БелПСАХАГИ» или наземной аппаратуры, о границах водоохраных зон и прибрежных полос на основе утвержденных проектов для земельно-информационной системы.

Сложившаяся ситуация определила наличие проблем в согласованности данных:

1. Разработчики проектов водоохраных зон и землепользователи, использующие данные земельно-информационной системы или других источников, не всегда верно используют классификацию водного объекта, утвержденную Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. В результате могут неверно определять ширину водоохранной зоны или прибрежной полосы.

2. Формирование пространственных данных для границ водоохранных зон и прибрежных полос проводится независимо УП «Проектный институт Белгипрозем» и РУП «ЦНИИКИВР», что может приводить к несогласованности этих данных.

В результате могут возникать проблемы определения режима хозяйствования для землепользования: к землям водного фонда могут быть отнесены земли под объектами, которые РУП «ЦНИИКИВР» не относит к водным объектам. Возможны и обратные ситуации, когда земли под водными объектами имеют другое назначение.

Для решения указанных проблем разработана технология информационного обмена данными между земельно-информационной системой Республики Беларусь и ИАС «Водоохранные зоны». Реализация данной технологии позволяет обеспечить:

- снижение количества проблемных вопросов по землепользованию, связанных с границами водоохранных зон;

- более четкий контроль выполнения требований законодательства к ведению хозяйственной деятельности в границах водоохранных зон и прибрежных полос.

Планируется также внесение изменений в нормативные правовые документы, обязывающие разработчиков проектов водоохранных зон и прибрежных полос использовать данные, созданного в ИАС «Водоохранные зоны», цифрового реестра водных объектов РУП «ЦНИИКИВР» и пространственные данные земельных участков и иные данные Геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь.

В рамках реализации ИАС «Водоохранные зоны» создана картографическая основа водных объектов Беларуси с соответствующей тематической информацией для ведущихся в реестре водных объектов и каталоге водоохранных зон и прибрежных полос водотоков с площадью водосбора от 30 км² (длиной более 10 км), озер, водохранилищ и прудов с площадью водной глади от 0,5 км², и программное обеспечение актуализации цифрового ресурса водных объектов, водоохранных зон и прибрежных полос.

В результате создается качественный комплексный цифровой ресурс достоверных и актуальных данных по водным объектам, водоохранным зонам и прибрежным полосам, обеспечивается оптимизация затрат по актуализации данных и снижаются конфликтные ситуации при контроле землепользования.

Использование спутниковых данных для поддержки процесса экологического мониторинга

На основе детального исследования международного опыта использования нейронных сетей и собственного опыта их разработки и внедрения разработана методика создания нейронных сетей.

Данная методика включает как организацию комплекса работ по обучению нейронных сетей для реализации конкретных задач, так и органическое встраивание итоговой модели в автоматизируемые процессы.

В рамках создания ИАС «Водоохранные зоны» реализована задача контроля появления новых потенциальных объектов загрязнения в водоохранных зонах на основе спутниковых данных Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли, обеспечивающей пространственное разрешение для панхроматических изображений 2,1 м.

По результатам проведенного анализа в качестве новых потенциальных объектов загрязнения определены вновь возникшие здания и сооружения площадью свыше 5 ар. Кроме того, с учетом того, что спутниковые данные могут поступать с невысокой периодичностью, актуальным будет выявление мест проведения строительных работ.

Нейронные сети не могут обеспечить 100 % обнаружения объектов и при их использовании в реальных процессах необходимо проводить заверку полученных результатов оператором. Поэтому разработано программное обеспечение заверки результатов детектирования.

Методика разработки нейронных сетей и реализации приложения для контроля появления новых потенциальных объектов загрязнения в водоохранных зонах на основе использования спутниковых данных и нейронных сетей включают:

- анализ предобученных моделей нейронных сетей и выбор моделей для проведения последующего тестирования;

- проведение предварительной разметки детектируемых объектов на спутниковых данных для проведения тестирования отобранных моделей;
- проведение тестирования отобранных моделей, определение направлений улучшения разметки (качество разметки истинных объектов, выделение дополнительных ложных объектов) и выбор моделей для последующего использования;
- итерационный процесс проведения обучения нейронных сетей с оптимизацией характеристик и повышение качества и объема размечаемых данных;
- реализация нейронной сети в виде контейнера, содержащего обученную модель для встраивания в реальный процесс, и оптимизация характеристик нейронной сети и программного обеспечения для получения необходимой производительности;
- разработка технологии и программного обеспечения обработки спутниковых данных для контроля появления новых потенциальных объектов загрязнения в водоохраных зонах.

Реализация процесса экологического мониторинга на основе современных информационных технологий

Базовыми принципами использования современных информационных технологий для автоматизации процессов экологического мониторинга, реализованными в рамках ИАС «Водоохраные зоны» являются:

- отказ от лоскутной автоматизации отдельных процессов, наличие единой базы данных, наполняемой на различных уровнях;
- работа пользователей в едином информационном пространстве с обеспечением доступа на основе использования сети Интернет;
- автоматизация процессов ввода с использованием удобных Web-интерфейсов, позволяющих пользователю оперативно вводить и получать необходимую информацию;
- современные ГИС-технологии, предоставляющие удобные средства работы с пространственными данными для проведения анализа и контроля;
- предоставление сервисов работы пользователей в соответствии с его функциональными обязанностями.

ИАС «Водоохраные зоны» реализована в виде единой системы на основе облачных технологий с системной интеграцией следующих комплексов программных средств:

- ведение цифрового реестра водных объектов с пространственными данными, синхронизированными с данными земельно-информационной системы;
- ведение каталога водоохраных зон с пространственными данными, синхронизированными с данными земельно-информационной системы и данными цифрового реестра водных объектов;
- контроль появления новых объектов загрязнения в водоохраных зонах на основе обработки спутниковых данных с использованием нейронных сетей глубокого обучения;
- мобильное приложение для проведения обследований в водоохраных зонах.

Мобильное приложение для проведения обследований в водоохраных зонах обеспечивает информационную поддержку при проведении полевых работ, путем предоставления онлайн-доступа к пространственным данным, которые ведутся в ИАС «Водоохраные зоны», и возможностью геопозиционирования.

Возможности системы доступны для различных категорий пользователей в соответствии с их функциональными обязанностями и правами доступа:

- сотрудники центрального аппарата Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь: просмотр данных, получение аналитических данных и отчетов;
- сотрудники РУП «ЦНИИКИВР: актуализация данных по водным объектам и водоохраным зонам, ведение справочников, анализ данных, получение отчетов;
- сотрудники областного комитета и районных инспекций Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь: просмотр данных, анализ и контроль мероприятий, получение аналитических данных и отчетов;
- оператор обработки данных дистанционное зондирование Земли: анализ результатов выявления потенциальных объектов загрязнения.

НОВЫЙ (РАНГОВЫЙ) МЕТОД РАСЧЕТА ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Сикан А.В.

Российский Государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург,
Россия, sikan07@yandex.ru

Представлен новый метод расчета внутригодичного распределения речного стока. Метод не требует деления года на климатические сезоны, выделяют только критический период. Границы критического периода определяются в зависимости от проектируемых мероприятий. Расчетное внутригодичное распределение стока производится с использованием месячных объемов стока с характерными для данной группы водности рангами.

A new method for calculating the intra-annual distribution of river runoff (rank method)

Sikan A.

A new method for calculating the intra-annual distribution of river runoff is presented. The method does not require dividing the year into climatic seasons, only the critical period is allocated. The boundaries of the critical period are determined depending on the planned activities. The estimated intra-annual distribution of runoff is made using monthly runoff volumes with ranks characteristic of this water content group.

Сведения о внутригодичном распределении стока (ВГРС) требуются при проектировании гидротехнических сооружений, систем орошения и обводнения; установления допустимых объемов водопотребления и водоотведения; решения задач охраны окружающей среды.

В соответствии с действующими в России нормативными документами [1, 2] расчет внутригодичного распределения стока производится одним из трех методов: методом среднего распределения стока за годы характерной градации водности; методом реального года; методом компоновки сезонов.

При расчете ВГРС используются среднемесячные расходы воды (или месячные объемы стока) за водохозяйственные годы. Продолжительность периода наблюдений должна быть не менее 15 лет. За начало водохозяйственного года принимается наиболее ранняя дата начала многоводной фазы с округлением до месяца. Водохозяйственный год делится не на четыре, а на три сезона, так как два смежных сезона со сходными условиями формирования стока объединяются в один составной сезон. Два сезона, лимитирующих потребление объединяют в лимитирующий период (ЛП), а третий сезон образует нелимитирующий период (НЛП). Внутри лимитирующего периода выделяют лимитирующий сезон (ЛС) и нелимитирующий сезон (НЛС). Границы сезонов назначают едиными для всех лет.

Изложенная схема разбивки года на периоды и сезоны хорошо адаптирована для территорий, расположенных в средних широтах, где в большинстве случаев четко выделяются 4 сезона, но в других климатических поясах число сезонов может быть иным [3].

В субэкваториальных поясах с хорошо выраженным годовым ходом осадков различают только два климатических сезона – сухой и влажный. В экваториальном поясе с равномерным увлажнением и малой амплитудой температуры воздуха разделение года на климатические сезоны проводить вообще нецелесообразно.

В настоящей работе используется новый метод расчета внутригодичного распределения стока, разработанный на кафедре инженерной гидрологии РГГМУ и получивший название «ранговый метод».

В рамках предлагаемого подхода год не делится на климатические сезоны, но внутри года выделяется критический период.

Начало года выбирается так, чтобы критический период целиком находился внутри года. В большинстве случаев можно использовать календарный год.

Границы критического периода определяются в зависимости от проектируемых мероприятий. Например, в качестве критического периода могут рассматриваться период вегетации, период навигации, период выполнения ремонтных или строительных работ и т. д.

Ниже представлен алгоритм расчета ВГРС ранговым методом на примере среднемесячных расходов реки Днепр у города Могилев за 80 лет. В качестве критического периода приняты три зимних месяца (XII–II).

Формируется таблица среднемесячных расходов воды за весь период наблюдений. Для каждого водохозяйственного года рассчитываются суммы расходов за год ($\Sigma_{\text{год}}$) и критический период ($\Sigma_{\text{кп}}$). Производится ранжирование таблицы по столбцу $\Sigma_{\text{кп}}$. Выделяется маловодная группа лет, имеющих обеспеченность $P > 66,66$ (табл. 1).

Таблица 1 – Среднемесячные расходы воды, маловодная группа, р. Днепр – г. Могилев

№	P %	год	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Критический период			$\Sigma_{\text{год}}$	$\Sigma_{\text{кп}}$
												XII	I	II		
54	66,7	1949	69,2	600	255	57,5	194	96,4	61,8	46,7	57,8	86,1	44,8	38,9	1608	170
55	67,9	1973	125	407	147	83,7	51,6	38,5	39,9	51,6	69,1	64,6	49,4	54,2	1182	168
56	69,1	1935	109	852	294	86,2	72	120	49,3	62,4	100	60,4	55,9	50,9	1912	167
...
78	96,3	1944	149	528	297	103	82,2	47,1	40	40,7	49	42,3	31,2	31,3	1440	105
79	97,5	1946	89,5	638	273	52,6	44,5	39,3	48,9	80,9	46	34,3	32,3	31,2	1411	98
80	98,8	1939	103	436	226	52,8	36,1	28,8	27,2	30,8	35,4	34,9	23,5	26,6	1061	85

На основании табл. 1 формируется табл. 2, в которой среднемесячные расходы за каждый год заменяются на их ранги. Самому большому расходу присваивается ранг 1, второму по величине ранг 2 и т. д. При назначении рангов удобно использовать функцию MS Excel «РАНГ.СР(число, ссылка, порядок)», где «число» – число, для которого определяется ранг; «ссылка» – массив (расходы за текущий год); «порядок» – число, определяющее порядок ранжирования (0 – по убыванию; 1 – по возрастанию). Если несколько значений имеют одинаковый ранг, возвращается среднее. На следующем этапе для каждого месяца рассчитывается среднее многолетнее ранговое значение. По строке «среднее» вновь рассчитываются ранги, но ранжирование производится по возрастанию, результат записывается в строку «характерный ранг». Затем для каждого месяца выделяются ячейки с характерными рангами (закрашены серым цветом), например в марте характерный ранг «3» фиксируется в 9 случаях из 23.

Таблица 2 – Месячные ранги для маловодной группы, р. Днепр – г. Могилев

Год	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
1949	6	1	2	9	3	4	7	10	8	5	11	12
1973	3	1	2	4	8,5	12	11	8,5	5	6	10	7
1935	4	1	2	6	7	3	12	8	5	9	10	11
...
1944	3	1	2	4	5	7	10	9	6	8	12	11
1946	3	1	2	5	8	9	6	4	7	10	11	12
1939	3	1	2	4	5	9	10	8	6	7	12	11
Среднее	4,7	1,1	2,1	5,0	6,4	7,9	9,3	7,6	6,0	7,6	9,9	10,4
Характерный ранг	3	1	2	4	6	9	10	7	5	8	11	12
Случаев	9	23	19	11	4	2	6	3	7	2	7	9

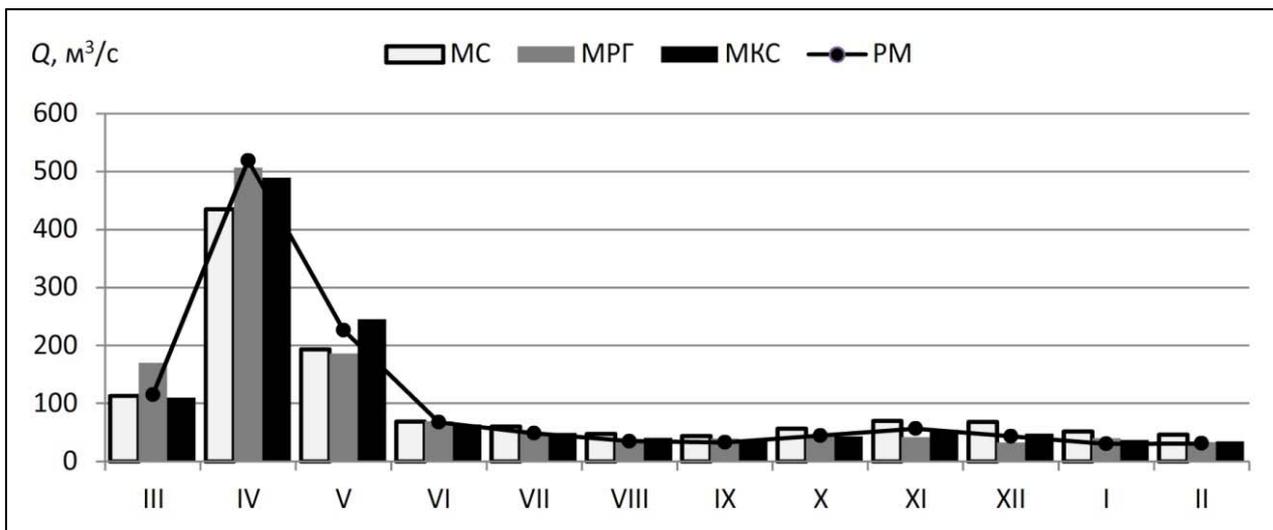
На основании табл. 1 формируется еще одна таблица, в которой месячные расходы заменяются на их процентную долю от годовой суммы расходов (табл. 3). В табл. 3 выделяются ячейки, с характерными для данного месяца рангами (см. таблицу 2). По этим ячейкам для каждого месяца рассчитывается средняя процентная доля от годовой суммы расходов. После осреднения сумма долей может немного отличаться от 100 %, поэтому в следующей строке производится их корректировка. В результате получаем процентное распределение стока по месяцам (Z_i).

Таблица 3 – Процентное внутригодовое распределение стока для маловодной группы, р. Днепр – г. Могилев

Год	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	Σгод
1949	4,30	37,3	15,9	3,58	12,1	5,99	3,84	2,90	3,59	5,35	2,79	2,42	100
1973	10,6	34,4	12,4	7,08	4,37	3,26	3,38	4,37	5,85	5,47	4,18	4,59	100
1935	5,7	44,6	15,4	4,51	3,77	6,28	2,58	3,26	5,23	3,16	2,92	2,66	100
...
1944	10,3	36,7	20,6	7,13	5,71	3,27	2,78	2,83	3,40	2,94	2,17	2,17	100
1946	6,35	45,2	19,4	3,73	3,15	2,79	3,47	5,74	3,26	2,43	2,29	2,21	100
1939	9,71	41,1	21,3	4,98	3,40	2,71	2,56	2,90	3,34	3,29	2,21	2,51	100
Среднее	9,02	40,69	17,77	5,30	3,81	2,75	2,58	3,48	4,44	3,41	2,38	2,44	98,1
Корректировка (Z)	9,2	41,5	18,1	5,4	3,9	2,8	2,6	3,5	4,5	3,5	2,4	2,5	100
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	115	519	227	67,7	48,6	35,1	32,9	44,4	56,7	43,5	30,4	31,2	1 252

В правую нижнюю ячейку табл. 3 записываем сумму месячных расходов воды заданной обеспеченности (в данном примере для $P = 90 \%$) и определяем расчетное внутригодовое распределение стока: $Q_i = (1252 Z_i)/100$ (последняя строка табл. 3).

Для сравнения по посту р. Днепр – г. Могилев был выполнен расчет ВГРС методом среднего распределения по маловодной группе, методом реального года и методом компоновки сезонов [4, 5]. Была использована следующая разбивка года на периоды и сезоны: водохозяйственный год – с III по II месяц; лимитирующий период – с VI по II; лимитирующий сезон – с XII по II. Расчет выполнялся для года 90 %-ной обеспеченности. Расчетное ВГРС представлено на рис. 1 и 2.



MS – метод среднего распределения по маловодной группе; MRG – метод реального года (1959); MKS – метод компоновки сезонов; PM – ранговый метод

Рисунок 1 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года обеспеченностью $P = 90 \%$, полученное разными методами; р. Днепр – г. Могилев

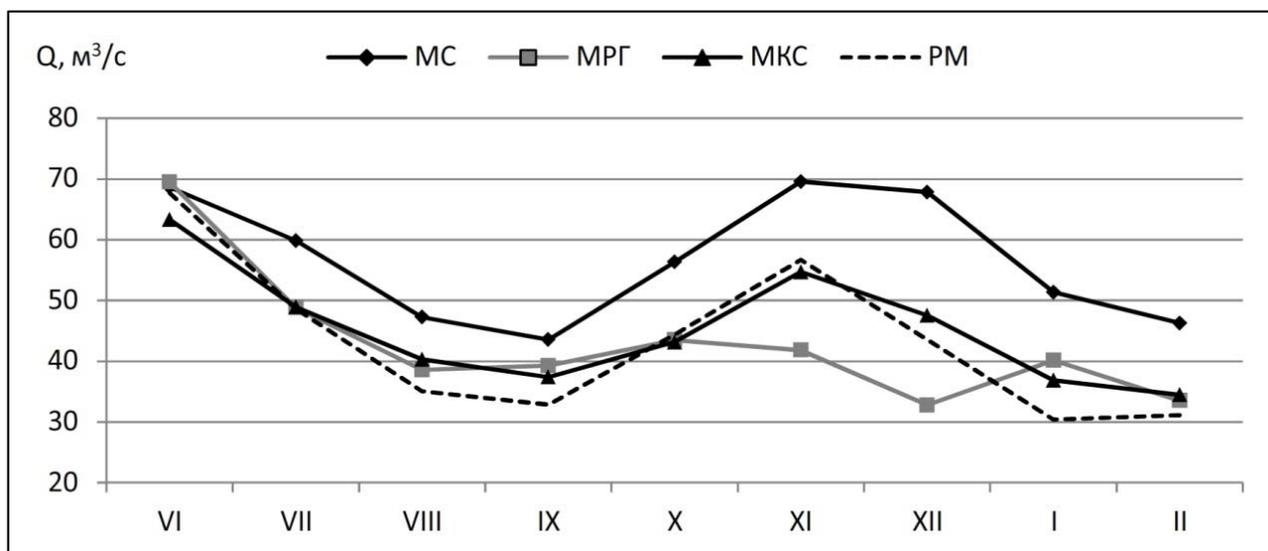


Рисунок 2 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года обеспеченностью $P = 90\%$ за месяцы с низкой водностью (VI–II), полученное разными методами; р. Днепр – г. Могилев

На основании исследований, выполненных для нескольких регионов России, можно сделать следующие выводы.

Ранговый метод, как правило, дает расчетные расходы за критический период меньше, чем метод среднего для характерной группы водности и близкие к методу компоновки. Метод реального года может давать расходы как больше, так и меньше, чем ранговый метод. Это связано с тем, что реальный год имеет обеспеченность близкую, но не равную расчетной обеспеченности.

Ранговый метод может применяться для любой климатической зоны и не требует разбивки года на климатические сезоны.

При использовании рангового метода критический период может включать в себя одновременно и маловодные и многоводные месяцы, так как границы критического периода назначаются в зависимости от проектируемых мероприятий (орошение полей в период вегетации, строительные или ремонтные работы, период навигации на судоходных реках и т. д.). Но нужно указать какая группа водности для критического периода является лимитирующей.

Как и при использовании стандартных методов, ранговый метод может применяться при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. В этом случае процентное распределение стока по месяцам года рассчитывается по реке-аналогу.

Список литературных источников

1. Свод правил СП 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик [Электронный ресурс] // Минстрой России: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://nwpi.krc.karelia.ru/atlas/home/priroda/klimat/index.html>. – Дата доступа: 07.03.2024.
2. Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород : Вектор-ГиС, 2007. – 134 с.
3. Хромов, С. П. Метеорология и климатология : учебник / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. – 7-е издание. – М. : Наука, 2006. – 582 с.
4. Андреев, В. Г. Внутригодовое распределение стока / В. Г. Андреев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1960. – 328 с.
5. Сикан, А. В. Учебное пособие по дисциплине «Гидрологические расчеты». Часть I / А. В. Сикан, И. О. Винокуров, М. С. Дрегваль. – СПб. : РГГМУ, 2021. – 48 с.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР НП «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА» И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Суховило Н.Ю., Власов Б.П.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь,
nina_s3894@mail.ru

Озера являются формирующей основой природной среды Braslavского Поозерья и ядром охраны НП «Браславские озера». До создания национального парка озера испытывали интенсивное антропогенное воздействие, которое привело к эвтрофированию, загрязнению и истощению ресурсов. Природоохранные мероприятия реализованные национальным парком привели к улучшению экологической обстановки.

Long-term dynamics of the state of lakes in the Braslav Lakes National Park and the effectiveness of existing environmental measures

Suhovilo N., Vlasov B.

Lakes are the basis of the natural environment of the Braslav Poozerie and the core of the protection of the Braslav Lakes National Park. Before the creation of the national park, the lakes experienced intense anthropogenic pressure, which led to eutrophication, pollution and resource depletion. Environmental protection measures implemented by the national park have led to an improvement in the environmental situation.

Неотъемлемой частью ландшафтов и природной среды Браславского Поозерья являются озерные водоемы. Озера имеют большое природное и народно-хозяйственное значение и играют ведущую роль в накоплении вещества, регулировании стока рек, процессов самоочищения воды. Акватория и побережье служат местами обитания и произрастания богатой и разнообразной фауны и флоры, включая редкие и охраняемые виды. В озерах сосредоточены большие запасы ресурсов: водных, биологических, растительных, животных, минеральных, рекреационных и информационных. Природные ресурсы водоемов и приозерий широко используются в хозяйственной деятельности человека.

На территории НП «Браславские озера» около 75 крупных и малых озер. Наиболее крупные объединены в Браславскую группу, в бассейне р. Друйка. Территория характеризуется высокой освоенностью, наличием крупных населенных пунктов и долей сельскохозяйственных земель в водосборах озер 62,3–83,0 %.

Наиболее распространенными источниками, вредно влияющими на качество вод водоемов, служат локальные стоки животноводческих ферм и рассеянные с территорий сельскохозяйственных угодий, стоки мелиоративных систем, промышленных предприятий и предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья, бытовые и коммунальные стоки населенных пунктов и объектов рекреации и загрязненных атмосферных осадков. Большой урон качеству вод озер в 1960–1980-е гг., до строительства коллектора, был нанесен поступлением сточных вод очистных сооружений г. Браслава (озера Болойсо и Струсто), и стоков без очистки с территории д. Слободка (озеро Потех).

Сравнительный анализ данных многолетних наблюдений позволяет определить ключевые особенности динамики гидроэкологических показателей. В многолетней динамике гидрохимических показателей озер, отчетливо выделяются два этапа экологического состояния озер – интенсивное эвтрофирование, загрязнение и истощение природных ресурсов озер, (с 1970-х гг. до 1995 г.) и стабилизация и тенденция улучшения состояния озер после создания НП «Браславские озера» и выполнения природоохранных мероприятий.

Уровеньный режим группы озер, дренируемых р. Друйка, отличается нестабильностью и зависит от режима работы агрегатов Браславской ГЭС. Многолетняя динамика среднегодовых уровней за более чем 70-летний период наблюдений выявлена тенденцию роста среднегодовых уровней со 129,8 м н.у.м. в период 1945–1956 гг. до 130,8–130,9 м н.у.м. в настоящее время, что превышает высоту подпора на 0,3–0,4 м. Колебания минимальных

уровней до строительства плотины на р. Друйка были небольшими – до 0,2 м, в многолетнем разрезе отмечается рост минимальных уровней воды. В целом годовой ход уровней воды в озерах после строительства плотины ГЭС в 1956 г. стал более сглаженным, амплитуда его колебаний сокращается и сейчас составляет 0,5–0,6 м. Рекомендовано поддерживать оптимальный уровень воды в озерах при 75 % обеспеченности, на отметке 130,55 м над уровнем моря.

Водная масса обследованных разнотипных озер имеет широкий диапазон изменчивости имеет специфические черты. Сравнительный анализ данных многолетних наблюдений позволяют определить ключевые особенности динамики гидроэкологических показателей. По степени антропогенного воздействия и произошедших изменениях в гидроэкологическом состоянии, условно можно выделить три группы: 1) озера со слабым антропогенным воздействием и незначительной степенью изменения (мезотрофные озера Волосо Сев., Волосо Юж., Снуды); 2) озера испытывающие ограниченное воздействие рассеянных источников и средней степенью трансформации (озера эвтрофного типа Богинское, Золва, Поддворное, Середник, Шилово, Островито и др.); 3) озера, длительное время находящиеся под сильным воздействием локальных источников загрязнения имеющие сильно нарушенное гидроэкологическое состояние (гипертрофии озера Новято, Болойсо, Потех).

Озера Волосо Южный и Волосо Северный на протяжении 50 лет проявили наиболее стабильное и устойчивое состояние гидрофизических и гидрохимических показателей. Озера мезотрофного типа имеют высокое качество воды, низкий уровень продукционных процессов, служат местами произрастания и обитания реликтовой флоры и фауны что позволяет отнести их к уникальным водоемам не только Национального парка, но Белорусского Поозерья.

Основные компоненты минерализации и содержание биогенных элементов в воде соответствовало уровню озер мезотрофного типа. Фосфор минеральный полностью не потреблялся, вследствие низкого уровня продукционных процессов, его небольшие количества обнаруживали во всех горизонтах водной массы озера. Концентрация органического вещества была очень низкой и фиксировалась в пределах 2,8–5,8 мгО/дм³.

Исследования 1986 г. свидетельствуют об ухудшении качества воды в озере в результате загрязнения стоками животноводческих ферм (д. Абабье, д. Быстромовцы). В составе основных макрокомпонентов отмечается незначительное увеличение общей суммы ионов. Произошли изменения в режиме биогенных элементов: в эпилимнионе отмечается полное потребление соединений фосфора, увеличилась концентрация азота минерального, в частности азота аммония, обнаружены нитриты в пределах чувствительности метода. Отмечается тенденция роста органического вещества. В поверхностных слоях воды возросло содержание растворенного кислорода, (110 % и выше процентов насыщения), в придонных горизонтах летом концентрация снизилась до 13,8 %. Соотношение между главными ионами также изменилось: доля гидрокарбонатов уменьшилась до 65,6 %, возросла доля хлоридов, сульфатов и иона магния, что свидетельствует о поступлении эвтрофирующих веществ с водосбора.

Водная масса мезотрофных озер Снуды и Струсто имеет высокое качество, в летнее время хорошо прогрета и насыщена кислородом. Незначительное увеличение концентрации макрокомпонентов отмечается в основном, за счет гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов и натрия. Колебания ионов кальция и магния незначительны. Наиболее существенные изменения произошли в озере Струсто в содержании натрия и хлоридов, к 2004 г. по сравнению с 1972 г., содержание хлоридов возросло почти в 3 раза, сульфатов – в 1,4 раза. В последние годы их содержание несколько уменьшилось, что связано с процессом самоочищения озера после завершения реконструкции очистных сооружений г. Браслав и ликвидации притока загрязненных стоков из оз. Болойсо.

Водная масса мелководных озер Богдановское, Середник, Островиты, Цно в летнее время была хорошо прогрета и насыщена кислородом. Водная масса озер соответствует показателям природного состояния, но за наблюдаемый период отмечен тренд увеличения содержания основных компонентов минерального состава и биогенных элементов, щелочности вод, снижения прозрачности, что свидетельствует об ухудшении состояния водоемов. В кислородном режиме остальных озер отмечены негативные изменения – в придонных

слоях отсутствовал растворенный кислород. В озерах интенсивно протекают процессы эвтрофирования в результате притока питательных веществ с водосбора и внутриводоемных процессов. В качестве последствия антропогенного воздействия, изменилось в отличие от природного, соотношение ионов в солевом составе озер (Богинское, Золва, Поддворное, Середник, Шилово).

Вместе с тем в последние годы, в обследованных озерах, (за исключением Новято, Святцо, Ельно) снизилось значение водородного показателя рН и возросла величина прозрачности воды, что свидетельствует об улучшении гидроэкологического состояния водоемов.

Гидрохимические особенности оз. Потех, Болойсо, Новято отражают состояние озер, находящихся под сильным антропогенным воздействием селитебных территорий и коммунальных стоков. Вода озер относится к гидрокарбонатному классу магниево-кальциевой группы. Летом поверхностные слои хорошо прогреты (от 25 до 26,3 °С) и насыщены кислородом. Часто наблюдается состояние перенасыщения воды кислородом до 120 % и выше. Придонные слои характеризуются температурой (от 9 до 14 °С) и низким насыщением растворенным кислородом вплоть до его полного отсутствия. В точке максимальной глубины, отмечается повышенное содержание сульфатного иона в поверхностном слое воды (18,9–28,6 мг/дм³) и содержание железа у дна.

За анализируемый период (1972 – 2018 гг.) сумма ионов в озере Потех изменялась в диапазоне 196,5–424,9 мг/дм³, минимальные величины зафиксированы летом 1968 г., максимальные – зимой 1982 г. Увеличение суммы ионов происходило в основном за счет гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов и, в меньшей степени, – ионов кальция, магния, натрия и калия. Озеро характеризуется высоким содержанием биогенных элементов, что особенно заметно в придонных горизонтах воды. Концентрация аммоний-иона у дна составляет 7,81 мг/дм³, нитратов – 1 мг/дм³. Прозрачность в последние годы возросла до 1,1 м, что значительно выше величины прозрачности 2000 г. (0,2 м). Это говорит о протекании процессов самоочищения экосистемы оз. Потех после прекращения сброса неочищенных сточных вод. Водородный показатель также снизился и составляет 7,2 (у дна) – 8,1 (на поверхности). Однако очень высокая цветность (121–484°) свидетельствует о неблагоприятной гидроэкологической ситуации в озере.

Изменения в составе вод озера Новято коснулись всех макрокомпонентов. Отмечено увеличение минерализации до 337,3 мг/дм³, что в 1,6 раза выше, чем в 1972 г. которое происходит за счет ионов натрия, калия, сульфатов и хлоридов – элементов, поступающих в составе городских вод, промышленных и коммунальных стоков. По сравнению с 1970-ми гг. содержание натрия и калия возросло почти в 20 раз, хлоридов и сульфатов – более чем в 2 раза. За годы с 1972 по 2002 г. концентрация фосфора фосфатного увеличилась почти в 25 раз, возросла величина водородного показателя с 8,5 до 10, среднее содержание аммония возросло более чем в 40 раз и достигла величин 1,35–2,8 мгN/дм³, а нитритов 0,024–0,034 мгN/дм³.

Изучение видового состава и характера распространения высшей водной растительности показало, что наиболее широко макрофиты распространены в озерах Снуды и Струсто, Островиты и Цно. Это связано с высокой прозрачностью воды и наличием значительных по площади мелководных участков. Площади зарастания озер Поддворное, Островиты, Цно, Дривяты, Болта, Ельно за период наблюдений не изменились. В озере Богинское наблюдается тенденция увеличения площади зарастания и глубины произрастания погруженных макрофитов (с 3,0 до 3,8 м). Увеличилась глубина распространения макрофитов в озере Рака – с 3 до 4,5 м, площадь зарослей возросла с 30 до 43 %. В оз. Береже глубина произрастания погруженных макрофитов увеличилась с 4 до 4,8 м. В озерах Золва, Шилово и Середник наблюдается деградация подводной растительности, уменьшилась глубина распространения макрофитов зарегистрировано в озерах Албеневское – с 2,8 до 1,7 м, и Шилово – с 3,0 до 2,0 м., чему способствуют снижение прозрачности, интенсивное развитие фитопланктона и изменения в гидрохимическом составе вод. В озере Святцо и Новято наблюдается деградация водной растительности. Среди отрицательных изменений следует отметить развитие местами

нитчатых водорослей в озерах Поддворное и Цно, а также исчезновение из видового списка озер Богдановское и Поддворное олиго-β-мезосапробного вида – водяного мха *Fontinalis*.

Анализ имеющихся данных позволяет констатировать, что основной тенденцией развития исследованных озер является усиление развития и рост продуктивности автотрофного звена, и снижение продуктивности гетеротрофных звеньев, что является характерной чертой процесса эвтрофирования экосистем озер.

Таксономическое разнообразие фитопланктона в озерах колебалось в широких пределах. Минимальное число таксонов отмечено в озерах Цно и Албеновское; наиболее разнообразны альгоценозы озер Островиты и Богдановское. В большинстве озер наиболее представительными отделами водорослей являются зеленые, диатомовые и золотистые. Наиболее слабое развитие фитопланктона отмечено в макрофитном высокопроточном озере Цно. Относительно невысокую общую численность имел фитопланктон озер Богинское, Богдановское, Албеновское, Островиты. Наиболее высокие значения суммарной численности зафиксированы в озерах Шилово и Середник. Для биомассы также характерен широкий диапазон колебаний. Минимальные значения, как и численность, зафиксированы в оз. Цно. Наиболее высокая биомасса – в оз. Середник. Максимального развития в исследованных озерах достигали цианопрокариоты, развитие диатомовых и зеленых слабое, несмотря на их высокое таксономическое разнообразие. В настоящее время озера Волосо Южн., Волосо Сев., Струсто, Снуды сохраняют мезотрофный статус, большинство озер по уровню биомассы фитопланктона относятся к эвтрофным фитопланктонным озерам, Озера Новято, Середник, Свято, Потех достигли гипертрофной стадии.

Для предотвращения дальнейшей эвтрофикации и деградации озер после создания национального парка выполняется широкомасштабное проведение природо- и водоохранных мероприятий. В целом, проведение природоохранных и водоохранных мероприятий в последние двадцать лет улучшили экологическую ситуацию и благоприятно сказались на качестве поверхностных вод НП «Браславские озера». Однако в современных условиях по-прежнему сохраняется тенденция усиления отрицательного антропогенного воздействия на озера и водотоки и расширения списка загрязняющих веществ. Для предотвращения деградации водоемов национального парка необходимо проведение охранных мероприятий как на водосборах, так и на самих водоемах. Основная задача комплекса внешних мероприятий – контроль и ограничение поступления минеральных биогенных и органических веществ из точечных и рассеянных антропогенных источников на водосборе. Для поддержания оптимальных уровней озер Браславской группы проводятся работы по реконструкции плотины и рыбозаградителя на вытоке реки Друйка. Регулирование уровней воды в системе Браславских озер рекомендуется производить с помощью рыбозаградителя, на котором необходимо провести реконструкцию с установкой шлюзов. в качестве базовой отметки, ниже которой не рекомендуется опускать уровень, следует определить 130,50 м. На водосборе центральной группы озер завершено строительство коллектора сточных вод г. Браслав и д. Слободка, вынесены за пределы водоохранных зон и прибрежных полос локальные источники загрязнения, ряд животноводческих ферм, проведено благоустройство туристических стоянок и мест кратковременного отдыха, выполнена оптимизация севооборота, перевод неиспользуемых сельскохозяйственных земель в лесные, залужение и лесопосадки эродированных земель, уборка мусора и др.

Из внутренних мероприятий, проводимых на самих озерах, рекомендуется в первую очередь при благоустройстве стоянок и мест отдыха на берегах озер скашивание высшей водной растительности у входов в озеро. После его проведения создаются условия для интенсификации ветроволновой деятельности и формирования пляжей, а также улучшается проточность и аэрация в местах нереста, что благоприятствует увеличению численности и биомассы ихтиофауны. Выкашивание и удаление высшей водной растительности способствует изъятию биогенных веществ, накопленных в биомассе, снижению содержания в воде разлагающегося органического вещества, улучшению кислородного режима, снижению биогенной нагрузки на озера.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЕЙ ВОДЫ ОЗЕР ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА ЕТР И ФИНЛЯНДИИ)

Сушкова В.А., Вуглинский В.С.

ФГБУ «Государственный гидрологический институт», г. Санкт-Петербург, Россия,
sushkova.valeriya.98@mail.ru; vvuglins@mail.ru

Представлены результаты анализа и оценки многолетних изменений уровня воды шести озер, расположенных в Северо-Западном регионе России и на территории Финляндии. В качестве исходных данных использованы многолетние ряды среднегодовых уровней воды озер за период с 1944 по 2013 г. За этот же период подготовлены многолетние ряды климатических данных – среднегодовой температуры воздуха и годовых сумм осадков. Рассмотрены изменения указанных характеристик за два расчетных периода – период нестационарной климатической ситуации, связанной с потеплением климата (1979–2013 гг.) и предшествовавший, условно стационарный период (1944–1978 гг.). Выполнена оценка однородности многолетних рядов и наличия в них трендовой составляющей. Получены данные об изменении среднегодовых уровней воды рассмотренных озер в условиях потепления климата.

Dynamics of changes in water levels of lakes in the european north (lakes in the north-west of the etr and finland as an example)

Sushkova V.¹, Vuglinsky V.²

The paper presents the results of the analysis and assessment of long-term changes in the water level of six lakes located in the Northwestern region of Russia and on the territory of Finland. Long-term series of annual lake water levels for the period from 1944 to 2013 were used as initial data. Over the same period, long – term series of climatic data have been prepared – the annual air temperature and annual precipitation. The changes in these characteristics over two periods are considered – the period of the non-stationary climatic situation associated with climate warming (1979–2013) and the previous, conditionally stationary period (1944–1978). The assessment of the homogeneity of long-term series and the presence of a trend component in them is carried out. Data on changes in annual water levels for the considered lakes under conditions of climate warming have been obtained.

Введение. Задача оценки изменений уровня воды озер в условиях изменений климата, является весьма актуальной. Наиболее активно потепление климата стало проявляться на границе 1980-х гг., когда средняя глобальная температура воздуха Северного полушария превысила норму [1]. В данной работе за начало климатических изменений был принят 1979 г. В качестве объектов исследования выбраны 6 озер, расположенных в северной материковой части Евразии (табл. 1). В качестве исходных данных использованы многолетние ряды наблюдений за среднегодовыми уровнями воды рассмотренных озер за период с 1944 по 2013 г., предоставленные Международным центром данных ВМО по гидрологии озер и водохранилищ (HYDROLARE). Многолетние ряды среднегодовых уровней воды по всем выбранным озерам были разбиты на два периода: с 1944 г. по 1978 г. (период стационарной климатической ситуации) и с 1979 по 2013 г. (период нестационарной климатической ситуации). Ограничение второго многолетнего периода 2013 г. связано с отсутствием в вышеуказанном Центре соответствующих данных за последующие годы по озерам Финляндии. Для всех рассмотренных озер за принятый многолетний период были собраны, также, климатические данные (среднегодовая температура воздуха и годовые суммы осадков) по ближайшим к озерам метеостанциям.

Методика исследований заключалась в анализе однородности многолетних рядов уровней воды и климатических характеристик и оценке значимости трендов как в полных многолетних рядах, так и в рядах за выделенные два периода [2, 4]. Для проверки однородности многолетних рядов был использован критерий Стьюдента. Анализ значимости трендовой составляющей в многолетних рядах был выполнен путём проверки гипотезы о равенстве нулю коэффициента регрессии с использованием t-критерия Стьюдента [3, 5, 6].

Количественные оценки изменений уровней воды озер за период 1979–2013 гг. были выполнены с использованием хронологических графиков с нанесенными на них линиями линейного тренда. С последних были сняты значения, соответствующие последнему и первому году выбранного периода. Разность этих значений позволяет оценить «трендовое», то есть по линии тренда, изменение уровня воды за рассматриваемый период. Для того, чтобы оценить изменения уровня воды относительно периода 1944–1978 гг. (условно-стационарная климатическая ситуация), полученное «трендовое» значение изменения уровня было откорректировано с учетом различий между средними значениями уровней воды за два рассмотренных периода.

Оценки значимости трендов в рядах уровней воды и климатических характеристик представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Оценки значимости трендов в многолетних рядах

№ п/п	Озеро - пост	Страна	Характеристика*	1944–1978			1979–2013			1944–2013		
				положительный +	отрицательный -	незначим	положительный +	отрицательный -	незначим	положительный +	отрицательный -	незначим
1	Ванаявеси - Валкеакоски (нижн.)	Финляндия	Н			*			*		-	
			Т			*	+			+		
			Р			*			*			*
2	Весиярви - Весиярви	Финляндия	Н			*			*			*
			Т			*			*			*
			Р			*			*			*
3	Имандра-Зашеек	Россия	Н			*	+			+		
			Т			*	+			+		
			Р			*	+			+		
4	Каллавеси - Итконниеми	Финляндия	Н			*			*	+		
			Т			*	+			+		
			Р			*			*	+		
5	Кейтеле - Вийтасаари	Финляндия	Н			*			*			*
			Т			*	+			+		
			Р			*			*	+		
6	Пяйянне - Пяйянне (сев.)	Финляндия	Н			*			*			*
			Т			*	+			+		
			Р			*			*			*

* Приняты следующие символы: Н – уровень воды, Т – температура воздуха, Р – осадки.

Анализ результатов, представленных в табл. 1, показал, что за первый период значимых трендов как в отношении уровней воды, так и климатических характеристик не выявлено. Во втором периоде отмечаются значимые положительные тренды в рядах температуры воздуха для всех озер, кроме оз. Весиярви. В то же время, значимый положительный тренд уровня воды в этот период отмечен только для оз. Имандра. Если рассматривать весь многолетний период, то на фоне значимого положительного тренда температуры воздуха для всех озер, кроме оз. Весиярви, значимый положительный тренд для уровня воды установлен только для двух озер – Имандра и Каллавеси.

В табл. 2 представлены итоговые оценки изменений среднегодовых уровней воды рассматриваемых озер за период 1979–2013 гг. по сравнению с предшествующим периодом. В последней колонке приводятся удельные величины этих изменений относительно 10-летнего периода.

Таблица 2 – Изменения среднегодовых уровней озер за период 1979–2013 гг. (потепление климата) по сравнению с предшествующим периодом.

№ п/п	Озеро-пост	Изменения уровня воды, см	
		за период	в среднем за 10 лет
1	Ванаявеси – Валкеаоски (нижн.)	-10	-0,3
2	Весиярви – Весиярви	+ 4	+ 0,12
3	Имандра-Зашеек	+ 39	+ 1,15
4	Каллавеси – Итконниеми	-2	-0,06
5	Кейтеле – Вийтасаари	-4	-0,12
6	Пяйянне – Пяйянне (сев.)	-7	-0,21

Анализ данных таблицы показал, что в 1979–2013 гг. среднегодовые уровни воды четырех из пяти озер Финляндии снижались по сравнению с предшествующим периодом. Только для озера Весиярви отмечен рост уровня. Однако масштабы этих изменений уровня незначительны и находятся в пределах ± 4 –10 см за 34 года. В то же время для озера Имандра отмечается более существенный рост среднегодовых уровней воды, который составил + 39 см за рассматриваемый период. Возможной причиной отмеченного роста может быть значительное увеличение осадков по сравнению с предшествующим периодом, о чем свидетельствует значимый положительный тренд в их многолетнем ряду (см. табл. 1).

Список литературных источников

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. Т. В. Лешкевич. – М., 2008. – Т. 1 : Изменения климата. – 228 с.
2. Вуглинский, В. С. Изменения уровня режима крупных озер мира в условиях потепления климата / В. С. Вуглинский, М. Р. Кузнецова // Труды III Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения, и перспективы развития». – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2019.
3. Шелутко, В. А. Методы обработки и анализа гидрологической информации / В. А. Шелутко. – СПб., 2007. – 192 с.
4. Vuglinsky, V. The World's Largest Lakes Water Level Changes in the Context of Global Warming / Valery Vuglinsky, Mariya Kuznetsova // Natural Resources. – 2019. – № 10. – P. 29–46.
5. Алгоритмика, Статистика и Теория Вероятностей [Электронный ресурс] // matstats.ru: сайт. – 2009. – Режим доступа: <http://matstats.ru/kt.html>. – Дата доступа: 13.03.2018.
6. Оценка значимости тренда [Электронный ресурс] : сайт // Томский государственный университет геолого-географический факультет. – Режим доступа: http://ggf.tsu.ru/content/faculty/structure/chair/meteorology/publications/Истор_и_совр_изменения_климата/text/43.html. – Дата доступа: 13.03.2018.

АНАЛИЗ ИНДИКАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ТРОФНОСТИ ОЗЕР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Таврыкина О.М.¹, Семенченко В.П.², Вежновец В.В.², Карпаева А.Ю.², Журавлев М.Д.²

¹Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск,

Республика Беларусь, tavrykina@cricuwr.by

²ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск, Республика Беларусь

Рассматриваются вопросы теоретических подходов, методических и технических приемов к определению уровня трофности озер, приведены результаты экспериментальных исследований на четырех озерах Ушачской группы по определению основных показателей уровня трофности в течение вегетационного периода, проведена оценка уровня трофности озер по существующим критериям.

Analysis of indicator parameters for the development of a methodology for determining the level of trophic lakes in the Republic of Belarus

Tavrykina O.¹, Semenchenko V.², Vezhnovets V.², Karpaeva A.², Zhuravlev M.²

The issues of theoretical approaches, methodological and technical methods for assessing the trophic level of lakes are considered, the results of experimental studies on four lakes of the Ushach group to determine the main indicators of the trophic level during the growing season are presented, the level of trophic lakes is assessed according to existing criteria.

Оценка уровня трофности представляет собой сложную задачу, несмотря на то, что к настоящему времени в мире накоплен достаточно большой опыт исследований эвтрофирования вод [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Для оценки уровня трофности озер, как правило, используются различные индексы, основанные на абиотических и биотических показателях [1, 8, 9, 10, 11, 12]. В республике единого подхода, регламентирующего определение уровня трофности, закрепленного в нормативных документах, на данный момент нет.

Среди абиотических показателей наиболее широко используются следующие: прозрачность, концентрация биогенных элементов – форм азота, общего или растворенного фосфора, макрофиты. Наиболее широко используемые биотические показатели – видовой состав, численность и биомасса фитопланктона, зоопланктона, величина первичной продукции, содержание хлорофилла-а. Фитопланктон общепринято считать биологическим сообществом, которое первым отзывается на эвтрофирование озер и является прямым индикатором концентрации биогенных элементов в водной среде.

В странах ЕС и США для классификации озер по уровню трофности используются практически одинаковые показатели [13, 14]. В ряде индексов для определения уровня трофности озер одним из наиболее широко используемых является индекс Карлсона (trophic state index, TSI), учитывающий величину прозрачности, содержание хлорофилла-а и концентрацию общего фосфора.

Цель исследования – определение показателей, характеризующих уровень трофности, необходимых для последующей разработки методики определения уровня трофности озер с целью ее использования в системе мониторинга и охраны поверхностных вод для возможности оперативного реагирования, принятия управленческих решений и разработке мероприятий по снижению биогенной нагрузки.

Исследования были проведены в 2023 г. на четырех озерах Ушачской группы: Вечелье, Кривое, Чертсвятское и Отолово, имеющих общую территориальную и бассейновую принадлежность (Витебская область, Ушачский район, бассейн Западной Двины), относящиеся к одной природно-климатической области (вторая центральная природно-климатическая зона) с предположительно различной степенью эвтрофирования.

Были определены следующие показатели, характеризующие уровень трофности: прозрачность, определяемая по диску Секки, общий фосфор и фосфат-ион, формы азота –

азот по Кьельдалю, аммоний-ион, нитрат-ион, нитрит-ион, биомасса и видовой состав фитопланктона, биомасса и видовой состав зоопланктона, содержание хлорофилла-а.

Пробы для определения гидрохимических показателей и фитопланктона отбирали на горизонтах, равных следующим значениям прозрачности: 0,5-кратной, 1,0-кратной, 2,0-кратной в равных пропорциях, после чего, в результате смешивания, получали интегральную пробу. Пробы зоопланктона отбирали, протягивая планктонную сеть (40 мкн) от глубины прозрачности до поверхностного слоя. Плотность (численность) фитопланктона определяли счетным методом в камере Фукса-Розенталя. Гидрохимический анализ проб проводился в аккредитованной лаборатории РЦАК.

Результаты проведенных наблюдений показали, что наибольшей прозрачностью характеризовалось озеро Кривое – от 5,0 до 5,5 м, озера Отолово и Вечелье заняли промежуточное положение, их прозрачность составила 2,0–3,0 и 1,5–3,4 м соответственно (табл.). Для озера Вечелье наблюдалось повышение прозрачности в осенний период, по сравнению с весенним и летним, что указывает на существенное снижение интенсивности развития фитопланктона осенью. В озере Чертсвятское прозрачность оставалась практически неизменной на протяжении всего сезона, характеризовалась низкими значениями – 0,7 м, что свидетельствует о высокой степени развития фитопланктона, и, соответственно, эвтрофирования.

Наиболее высокими значениями концентрации общего фосфора отличились озера Вечелье и Чертсвятское – 0,057 и 0,049 мг/дм³ соответственно (см. табл.). В озере Кривое наблюдается самое низкое его содержание – 0,012 мг/дм³. В целом, для всех озер, за исключением озера Чертсвятское, наблюдается снижение содержания общего фосфора в осенний период.

Содержание фосфат-ионов во все периоды оставалось низким, несколько большим содержание фосфат-ионов было в озере Вечелье в весенний период – 0,031 мгР/дм³.

При анализе изменения концентрации аммоний-ионов в озерах в весенний, летний и осенний периоды не отмечается общей тенденции их изменения по озерам, концентрация аммоний-ионов в озере Чертсвятское в весенний период на порядок превышала таковую в остальных озерах, что может свидетельствовать о поступлении его извне либо интенсивном разложении органических веществ и вторичном загрязнении.

Содержание нитрат-ионов в осенний период в озерах Кривое, Чертсвятское и Отолово снизилось по сравнению с летним периодом, в озере Вечелье, наоборот, наблюдается его повышение (см. табл.). Наиболее высокие концентрации нитрат-ионов наблюдались в озерах Вечелье и Чертсвятское, низкие – в озере Кривое.

Содержание нитрит-ионов не превышало 0,0025 мгN/дм³ во всех исследуемых озерах, содержание азота по Кьельдалю составило не более 0,5 мг/дм³.

Наибольшие значения хлорофилла-а были получены для летнего периода, что обусловлено массовым развитием фитопланктона, данный показатель для озер отличался более чем в 2 раза. Наибольшим содержанием хлорофилла-а отличились озера Чертсвятское и Отолово – 10,17 и 6,13 мкг/л соответственно, наименьшим – озеро Вечелье – 4,17 мкг/л. Подобная закономерность наблюдалась для озер и по биомассе фитопланктона. По биомассе зоопланктона озера распределились следующим образом (по убыванию): Чертсвятское, Вечелье, Отолово, Кривое.

Установлены корреляционные зависимости между следующими показателями, определяющими уровень трофности: прозрачностью и биомассой фитопланктона ($r^2 = 0,53$, $p < 0,05$), прозрачностью и общим фосфором ($r^2 = 0,63$, $p < 0,05$), биомассой фитопланктона и содержанием хлорофилла-а ($r^2 = 0,46$, $p < 0,05$).

На основании анализа данных индикаторных показателей трофности существующим критериям, озеро Кривое относится к мезотрофному, озеро Отолово – мезотрофному с признаками эвтрофии, озеро Вечелье – к эвтрофному типу и озеро Чертсвятское – к гиперэвтрофному.

Следует отметить, что в озерах Отолово и Чертсвятское наблюдалось полное отсутствие растворенного кислорода в придонном слое воды.

Таблица – Индикаторные показатели уровня трофности в воде озер Ушачской группы за вегетационный период

Гидрохимический показатель	Весенний период (18.05.2023)	Летний период (11.07.2023)	Осенний период (01.09.2023)	Среднее за вегетационный период
Вечелье				
Прозрачность, м	1,5	2,2	3,4	2,4
Фосфор общий, мг/дм ³	0,088	0,046	0,013	0,049
Фосфат-ион, мгР/дм ³	0,031	< 0,005	0,005	0,018
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,029	0,056	0,027	0,037
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,260	0,160	0,360	0,260
Хлорофилл-а, мкг/л	1,43	9,45	1,63	4,17
Биомасса фитопланктона, мг/л	2,57	4,86	2,45	3,29
Биомасса зоопланктона, мг/л	3 894,74	3 045,52	479,52	2 473,26
Кривое				
Прозрачность, м	5,0	5,5	5,0	5,2
Фосфор общий, мг/дм ³	0,011	0,014	0,011	0,012
Фосфат-ион, мгР/дм ³	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,011	0,010	0,048	0,023
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,027	0,041	0,030	0,033
Хлорофилл-а, мкг/л	2,45	9,85	1,10	4,47
Биомасса фитопланктона, мг/л	1,14	0,97	0,51	0,87
Биомасса зоопланктона, мг/л	316,82	513,04	681,13	503,66
Отолово				
Прозрачность, м	3,0	3,0	2,0	2,7
Фосфор общий, мг/дм ³	0,024	0,036	0,022	0,027
Фосфат-ион, мгР/дм ³	< 0,005	< 0,005	0,006	0,006
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,013	0,040	0,016	0,023
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,051	0,089	0,054	0,065
Хлорофилл-а, мкг/л	4,40	9,10	4,90	6,13
Биомасса фитопланктона, мг/л	6,37	3,33	12,56	7,42
Биомасса зоопланктона, мг/л	2 215,34	1 774,84	342,11	1 444,10
Чертсвятское				
Прозрачность, м	0,7	0,7	0,7	0,7
Фосфор общий, мг/дм ³	0,048	0,059	0,064	0,057
Фосфат-ион, мгР/дм ³	0,009	< 0,005	0,007	0,008
Аммоний-ион, мгN/дм ³	0,161	0,006	0,021	0,063
Нитрат-ион, мгN/дм ³	0,250	0,130	0,089	0,156
Хлорофилл-а, мкг/л	2,65	8,75	19,10	10,17
Биомасса фитопланктона, мг/л	34,89	41,04	71,26	49,06
Биомасса зоопланктона, мг/л	2 970,33	3 402,61	1 136,14	2 503,03

Были выполнены расчеты уровня трофности озер по индексу Карлсона (TSI) путем определения среднего значения логарифмических кривых изменения прозрачности, хлорофилла-а и общего фосфора.

Анализ полученных данных показал, что озера Кривое и Отолово относятся к мезотрофным, трофических индекс у них составил соответственно TSI = 41 и TSI = 49, озера Вечелье и Чертсвятское – к эвтрофному типу со значениями трофического индекса соответственно TSI = 51 и TSI = 60.

Таким образом, на основании проведенных исследований, с точки зрения лимитирующих для развития фитопланктона элементов, а также после проведения корреляционного анализа показано, что наиболее информативными показателями трофности для исследуемых озер являются следующие: прозрачность, биомасса фитопланктона, содержание общего фосфора и хлорофилла-а. Это послужит основанием для формирования методики определения уровня трофности озер.

1. Carlson, R. E. A trophic state index for lakes / R. E. Carlson. – Limnology and Oceanography, 1977. – № 22. – P. 361–369.
2. Kratzer, C. R. Type trophic state index for nitrogen in Florida Lakes / C. R. Kratzer, P. L. Brezonik. – Water Res. Bull, 1981. – Vol. 17. – P. 713–715.
3. Винберг, Г. Г. Первичная продукция водоемов / Г. Г. Винберг. – Минск : Изд-во АН БССР, 1960. – 329 с.
4. Семенченко, В. П. Экологическое качество поверхностных вод / В. П. Семенченко, В. И. Разлуцкий. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 329 с.
5. Неверова-Дзюпак, Е. Оценка трофического состояния поверхностных вод / Е. Неверова-Дзюпак, Л. И. Цветкова. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2020. – 176 с.
6. Vollenweider, R. A. Coastal marine eutrophication: principles and control / R. A. Vollenweider. – 1992. – 119 p.
7. Многолетние изменения индекса трофического состояния Нарочанских озер и его связь с основными гидроэкологическими параметрами / Б. В. Адамович [и др.]. – Минск : Водные ресурсы, 2016. – Т. 43. – С. 535–543.
8. Porcella, D. B. Index to Evaluate Lake Restoration / D. B. Porcella, D. P. Larsen, S. A. Peterson // Ser. Information. J. of the Environmental Engineering Division. – 1980. – Vol. 106, Is. 6. – P. 1151–1169.
9. Даценко, Ю. С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты / Ю. С. Даценко. – М. : ГЕОС, 2007. – 252 с.
10. LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) Gewässerbewertung – Stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien. – Kulturbuchverlag, Berlin, 1999. – 74 s.
11. Newman, P. J. Classification of Surface Water Quality: Review of Schemes Used in EC Member States / P. J. Newman. – Oxford : Heinemann Professional Publishing Ltd, 1988. – 189 p.
12. Reynolds, C. S. Vegetation Processes in the Pelagic: A Model for Ecosystem Theory / C. S. Reynolds. – Oldendorf : Ecology Institute, 1997. – 371 p.
13. The Directive 2000/60/EC of European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy [Electronic resource]. – Mode of access: www.environment.ec.europa.eu. – Date of access: 01.11.2023.
14. U.S. Environmental Protection Agency [Electronic resource]. – Mode of access: www.epa.gov. – Date of access: 01.12.2023.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЙТИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Цубленок Д.В., Водейко М.В.

*Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь, orp@criciwr.by*

Экологический рейтинг развития отдельных регионов Республики Беларусь (экорейтинг) разработан для комплексной оценки экологического состояния страны на уровне административно-территориальных единиц (районов) и городов (областных центров и г. Минска) для реализации государственной политики в области устойчивого развития и повышения качества окружающей среды.

Environmental rating as a tool of environmental protection activities of the Republic of Belarus

Tsublenok D., Vodeiko M.

The environmental rating of the development of individual regions of the Republic of Belarus (ecorating) has been developed for a comprehensive assessment of the ecological state of the country at the level of administrative-territorial units (regions) and cities (regional centers and Minsk) for

Оценка состояния природной среды, в частности в местах интенсивной хозяйственной деятельности, является основой для прогнозирования динамики изменения состояния окружающей среды и планирования мер и мероприятий, направленных на рациональное использование природно-ресурсного потенциала страны и охрану окружающей среды [1].

Целью экологического рейтинга является выявление неблагополучных в экологическом отношении регионов, а также их стимулирование посредством экологически ориентированного управления развитием регионов на республиканском и местном уровнях.

Наиболее важными задачами проведения работ по составлению экологического рейтинга развития отдельных регионов Республики Беларусь являются проведение оценки экологического состояния отдельных регионов и их последующее ранжирование по комплексу показателей с целью выявления и определения значимости отдельных экологических проблем на рассматриваемой территории для последующего планирования, разработки и реализации мероприятий по улучшению экологического состояния территории и ее устойчивому функционированию [2].

Экорейтинг впервые введен в Беларуси в 2021 г. РУП «ЦНИИКИВР» и рассчитывался лишь для областных центров и города Минска. Начиная с 2022 г. расчет и составление экологического рейтинга осуществляется в разрезе областных центров и города Минска, а также Брестского, Витебского, Гомельского, Гродненского, Минского и Могилевского районов на основании данных статистики, предоставленных в текущем году за предыдущий год.

Расчет рейтинга экологического развития отдельных регионов Республики Беларусь проводится согласно техническому кодексу установившейся практики ТКП 17.02-19-2021 Охрана окружающей среды и природопользование. Рейтинг экологического развития регионов Республики Беларусь. Технические требования», утвержденному и введенному в действие постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее – Минприроды) от 27 апреля 2021 г. № 5-Т (далее – ТКП 17.02-19-2021), на основании исходных данных, сформированных в соответствии с национальным законодательством в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, с учетом международных подходов по оценке экологического состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов [3].

Исходными данными для расчета рейтинга экологического развития отдельных регионов являются данные, предоставляемые органами госуправления, предприятиями и организациями: Минприроды, включая территориальные органы и подчиненные организации, Министерством жилищно-коммунального хозяйства, Министерством сельского хозяйства и продовольствия, Министерством здравоохранения, Министерством внутренних дел, Государственным комитетом по стандартизации, Государственным комитетом по имуществу, Национальным статистическим комитетом, Национальной академией наук Беларуси, Брестским, Витебским, Гомельским, Гродненским, Минским и Могилевским городскими и районными исполнительными комитетами.

Рейтинг экологического развития отдельных регионов определяется методом количественной оценки и сравнительного анализа показателей экологического развития отдельных регионов Республики Беларусь.

Методология экологического рейтинга позволяет ранжировать города и районы Республики Беларусь по группе показателей в трех категориях (рис. 1):

- текущее состояние и использование компонентов окружающей среды;
- воздействие основных видов экономической деятельности на окружающую среду;
- управление воздействием на окружающую среду и эффективность экологической политики [3].



Рисунок 1 – Категории для расчета рейтинга экологического развития отдельных регионов Республики Беларусь

Результат составления рейтинга экологического развития отдельных регионов определяется путем суммирования частных результатов рейтинга по трем категориям с соответствующей весовой долей каждой категории в рейтинге.

Таким образом рейтинг позволяет видеть промежуточную оценку по каждой из категорий и результирующую оценку за определенный год. Показатели рейтинга дают возможность измерять прогресс в изменении экологических показателей на уровне районов, областных центров и г. Минска, а также Брестского, Витебского, Гомельского, Гродненского, Минского и Могилевского районов во времени, и сравнивать эти показатели.

По результатам расчета рейтинга с учетом наиболее проблемных показателей для областных центров, г. Минска, Брестского, Витебского, Гомельского, Гродненского, Минского и Могилевского районов разрабатывается рекомендуемый комплекс мероприятий, направленных на снижение антропогенной нагрузки, с учетом наилучших международных практик и подходов, а также комплекс мер по повышению эффективности проводимой экологической политики.

Так, анализируя расчет экологического рейтинга отдельных регионов Республики Беларусь за период 2020–2022 гг., очевидно, что в 2022 г. максимальное количество баллов рассчитано для г. Брест, что соответствует 1 месту. Стоит отметить, что в период 2021–2022 гг. г. Брест сохраняет лидирующую позицию, в 2020 г. ему присвоено 2 место [4].

Минимально количество баллов в 2022 г. у г. Могилева – 180. За 2020–2021 гг. г. Могилев сохранял позиции 3 и 2 места, однако в 2022 г. переместился на 6 позицию. Такой результат характеризуется улучшением ряда показателей других областных центров, что повлияло на итоговые баллы. Также в сравнении с 2021 г. г. Гродно улучшил свой результат и занял 2 место (215 баллов) (табл. 1) [4].

За период 2021–2022 гг. сохраняется лидерство за Брестским районом (в 2022 г. максимальное количество баллов 254, в 2021 г. – 265). Также в тройку лидеров вошли Витебский и Гродненский районы. В 2022 г. наряду с г. Могилевом Могилевский район занял 6 место с минимальным количеством баллов 116 (табл. 2) [4].

За период 2021–2022 гг. сохраняется лидерство за Брестским районом (в 2022 г. максимальное количество баллов 254, в 2021 г. – 265). Также в тройку лидеров вошли Витебский и Гродненский районы. В 2022 г. наряду с г. Могилевом Могилевский район занял 6 место с минимальным количеством баллов 116 (табл. 2) [4].

Таблица 1 – Рейтинг городов за 2020–2022 гг.

Наименование административно-территориальной единицы	Сумма итоговых баллов рейтинга экологического развития городов по категориям			Место		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
г. Брест	273	280	230	2	1	1
г. Витебск	100	151	184	6	5	5
г. Гомель	187	126	192	5	6	4
г. Гродно	283	169	215	1	4	2
г. Минск	192	233	203	4	3	3
г. Могилев	231	236	180	3	2	6

Таблица 2 – Рейтинг районов за 2021–2022 гг.

Наименование административно-территориальной единицы	Сумма итоговых баллов рейтинга экологического развития городов по категориям		Место	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Брестский район	265	254	1	1
Витебский район	177	252	3	2
Гомельский район	174	181	4	4
Гродненский район	169	213	5	3
Минский район	123	139	6	5
Могилевский район	256	116	2	6

Динамика ранжирования отдельных регионов по годам показывает, что экологический рейтинг как инструмент природоохранной деятельности Республики Беларусь успешно внедрен в экологическую деятельность страны.

Применяемые на практике мероприятия по улучшению экологического состояния территорий отдельных регионов дают возможность повысить место города (района) в рейтинге относительно друг друга. Также комплекс мероприятий позволяет применять на промышленных предприятиях технологические процессы и методы, которые обеспечивают уменьшение и (или) предотвращение поступления загрязняющих веществ в окружающую среду и являются наиболее эффективными для обеспечения нормативов качества окружающей среды при условии экономической целесообразности и технической возможности их применения.

Вместе с тем проведение рейтинговой оценки способствует повышению качества экологической информации и информирования населения о состоянии окружающей среды в данном регионе. Благодаря экологическому рейтингу осуществляется координация на региональном уровне деятельности субъектов, вовлеченных в управление окружающей средой, и развивается система экологических показателей на территориальном уровне.

Актуализация рейтинга за отчетный год осуществляется ежегодно не позднее 1 июня года, следующего за отчетным. Распространение данных рейтинга осуществляется путем размещения его результатов на официальном сайте Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь посредством публикации в виде раздела «Расчет рейтинга экологического развития отдельных регионов Республики Беларусь» в рамках ежегодного бюллетеня «Состояние природной среды Беларуси».

Список литературных источников

1. Дубенок, С. А. Методология разработки и формирования рейтинга экологического развития регионов Республики Беларусь / Дубенок С. А., Кулаков А. Ю., Конончук Т. П. // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2022. – Т. 1, № 1. – С. 14–24.
2. Цубленок, Д. В. Расчет рейтинга экологического развития отдельных регионов республики за 2021 год / Цубленок Д. В., Громадская Е. И., Водейко М. В. // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2023. – Т. 1, № 3. – С. 97–105.

3. Охрана окружающей среды и природопользование. Рейтинг экологического развития регионов Республики Беларусь. Технические требования = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Рэйтынг экалагічнага развіцця рэгіёнаў Рэспублікі Беларусь. Тэхнічныя патрабаванні. ТКП 17.02-19-2021 (33140). – Введен в действие постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27 апреля 2021 г. № 5-Т. – Минск : Минприроды, 2021. – 40 с.

4. Громадская, Е. И. Состояние природной среды Беларуси / Громадская Е. И., Цубленок Д. В., Водейко М. В. – Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2023. – 151 с.

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ОТРАБОТКИ II ОЧЕРЕДИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ХОТИСЛАВСКОЕ»

Шпакова Д.А.

¹Республиканское унитарное предприятие «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», г. Минск, Республика Беларусь, ogi@criciwr.by

Эксплуатация месторождения мела и строительных песков оказывает влияние на поверхностные водные объекты, а также на системы местного водоснабжения населения. В данной работе проведена гидрохимическая оценка поверхностных вод в районе отработки II очереди месторождения «Хотиславское» путем расчета удельного комбинаторного индекса загрязненности воды для каждого водомерного поста для дальнейшей разработки мероприятий по оптимизации гидроэкологической ситуации на исследуемой территории.

Hydrochemical assessment of the degree of surface water pollution in the development area of the 2nd stage of the Khotislavskoye field

Shpakova D.

The exploitation of chalk and construction sand deposits affects surface water bodies, as well as local water supply systems for the population. In this work, a hydrochemical assessment of surface waters in the area of development of the second stage of the Khotislavskoye deposit was carried out by calculating the specific combinatorial index of water pollution for each water metering station for the further development of measures to optimize the hydroecological situation in the study area.

Месторождение мела и строительных песков «Хотиславское» находится в Малоритском районе Брестской области [1, 2]. Эксплуатация месторождения оказывает влияние на поверхностные и подземные водные объекты, а также на системы местного водоснабжения населения. Выбор данных компонентов обусловлен характером деятельности – отработка месторождения под прикрытием осушительного карьерного водоотлива. Хозяйственная деятельности на карьере может сопровождаться изменением гидрологического режима р. Рита, а также изменением качества воды в поверхностных водах вблизи добычи строительного мела и песка и поэтому данная тема исследования является актуальной.

Изучение химического состава поверхностных вод является основой для эффективного управления водными ресурсами. Позволяет определить потребности в обработке и очистке воды, разработать меры по защите и восстановлению водных экосистем, а также прогнозировать возможные проблемы, связанные с изменением химического состава воды.

Для гидрохимической оценки поверхностных вод в районе исследования с 2010 по 2021 г. были проведены расчеты удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (далее – УКИЗВ). Этот индекс позволяет оценить загрязненность воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, классифицировать воду по степени загрязненности [3].

Для расчета удельного комбинаторного индекса загрязненности поверхностных вод для каждого водомерного поста были использованы следующие показатели: БПК₅, ХПК_{сг}, аммоний-ион, нитрат-ион, нитрит-ион, сульфат-ион, хлорид-ион, нефтепродукты, железо (общее), марганец, кадмий, медь, цинк, свинец, хром и их предельно-допустимые концентрации.

По каждому ингредиенту за исследуемый период времени для водомерных постов были проведены следующие расчеты:

Частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК (α_{ij}) была определена по формуле (1.1):

$$\alpha_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}} * 100 \% , \quad (1.1)$$

где:

n'_{ij} – число результатов химического анализа по i -му ингредиенту в j -м створе за рассматриваемый период времени, в которых значение их превышает соответствующие ПДК;

n_{ij} – общее число результатов химического анализа за рассматриваемый период времени по i -му ингредиенту в j -м створе [3].

Далее по значению повторяемости присваивался частный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha_{ij}}$ [3, приложение Е].

При определении среднего значения кратности превышения ПДК $\overline{\beta'_{ij}}$ были использованы результаты анализа проб, где такое превышение наблюдалось (формула 1.2):

$$\overline{\beta'_{ij}} = \frac{\sum_{f=1}^{n'_{ij}} \beta_{ifj}}{n'_{ij}} , \quad (1.2)$$

где:

$\beta_{ifj} = \frac{c_{ifj}}{\text{ПДК}_i}$ – кратность превышения ПДК по i -му ингредиенту в f -м результате химического анализа для j -го створа;

n'_{ij} – число результатов химического анализа по i -му ингредиенту в j -м створе за рассматриваемый период времени, в которых значение их превышает соответствующие ПДК [3].

По значению $\overline{\beta'_{ij}}$ присваивался частный оценочный балл по кратности превышения ПДК $S_{\beta'_{ij}}$ с применением линейной интерполяции [3, приложение Ж].

Далее по каждому ингредиенту производился расчет обобщенного оценочного балла S_{ij} по формуле (1.3):

$$S_{ij} = S_{\alpha_{ij}} * S_{\beta_{ij}} , \quad (1.3)$$

где:

$S_{\alpha_{ij}}$ – частный оценочный балл по повторяемости случаев загрязненности i -м ингредиентом в j -м створе за рассматриваемый период времени;

$S_{\beta_{ij}}$ – частный оценочный балл по кратности превышения ПДК i -го ингредиента в j -м створе за рассматриваемый период времени [3].

Данное значение для каждого ингредиента может колебаться от 1 до 16, где большему значению соответствует более высокая степень загрязненности воды [3].

Комбинаторный индекс загрязненности воды для каждого исследуемого пункта рассчитывался по формуле (1.4):

$$S_j = \sum_{i=10}^{N_j} S_{ij} , \quad (1.4)$$

где:

S_{ij} – обобщенный оценочный балл;

N_j – число учитываемых в оценке ингредиентов [3].

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды определялся по формуле (1.5):

$$S'_j = \frac{S_j}{N_j}, \quad (1.5)$$

где:

S_i – комбинаторный индекс загрязненности воды;

N_j – число учитываемых в оценке ингредиентов [3].

Далее осуществлялось выделение критических показателей загрязненности воды (КПЗ) при условии, что обобщенный оценочный балл ≥ 9 , то есть наблюдается устойчивая либо характерная загрязненность высокого или экстремально высокого уровней загрязненности воды [3, приложения Е, Ж].

В итоге были определены классы качества воды по значению УКИЗВ и числу КПЗ [3, приложение К], где по значению КПЗ находится градация значений УКИЗВ и соответствующим им класс и качественная характеристика.

В результате проведенных расчетов, на основе значений УКИЗВ, вода делится на 5 классов качества в зависимости от степени загрязненности:

- 1-й класс – условно чистая;
- 2-й класс – слабо загрязненная;
- 3-й класс – загрязненная и очень загрязненная;
- 4-й класс – грязная и очень грязная;
- 5-й класс – экстремально грязная.

На основании рассчитанного удельного комбинаторного индекса загрязненности поверхностной воды (табл.) выделены зоны территории исследования по классам качества воды, которые соответствуют классификации воды по степени загрязненности, предложенной в [3] (рис.): вода в водомерных постах № 2–3 (р. Рита) относится к 4-му классу качества воды (грязная и очень грязная), в том время как вода в водомерном посту № 1 (компенсационный канал) относится к 3-му классу качества воды (загрязненная и очень загрязненная).

Таблица – Пример результатов расчета удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (водомерный пост № 3)

Показатель загрязнения	n_{ij}	n'_{ij}	α_{ij}	$S_{\alpha ij}$	$\sum \beta_i$	$\overline{\beta'_{ij}}$	$S_{\beta'_{ij}}$	S_{ij}	S_j	S'_j	КПЗ ($S_{ij} \geq 9$)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
БПК ₅	3	-	-	-	-	-	-	-			
ХПК _{сг}	2	1	50	4	2,37	2,37	2,046	8,18			
Аммоний-ион	2	1	50	4	1,64	1,64	1,64	6,56			
Нитрит-ион	3	2	66,67	4	11,08	5,54	2,442	9,77			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нитрат-ион	3	-	-	-	-	-	-	-			
Хлорид-ион	3	-	-	-	-	-	-	-			
Сульфат-ион	3	-	-	-	-	-	-	-			
Нефтепродукты	1	-	-	-	-	-	-	-			
Железо (общее)	3	3	100	4	20,48	6,83	2,604	10,42			
Марганец	2	2	100	4	5,61	2,80	2,1	8,4			
Медь	1	1	100	4	9,25	9,25	2,906	11,62			
Цинк	2	1	50	4	1,58	1,58	1,58	6,32			
Свинец	2	-	-	-	-	-	-	-			
Кадмий	1	-	-	-	-	-	-	-			
Хром	1	-	-	-	-	-	-	-			
									61,27	4,084	3

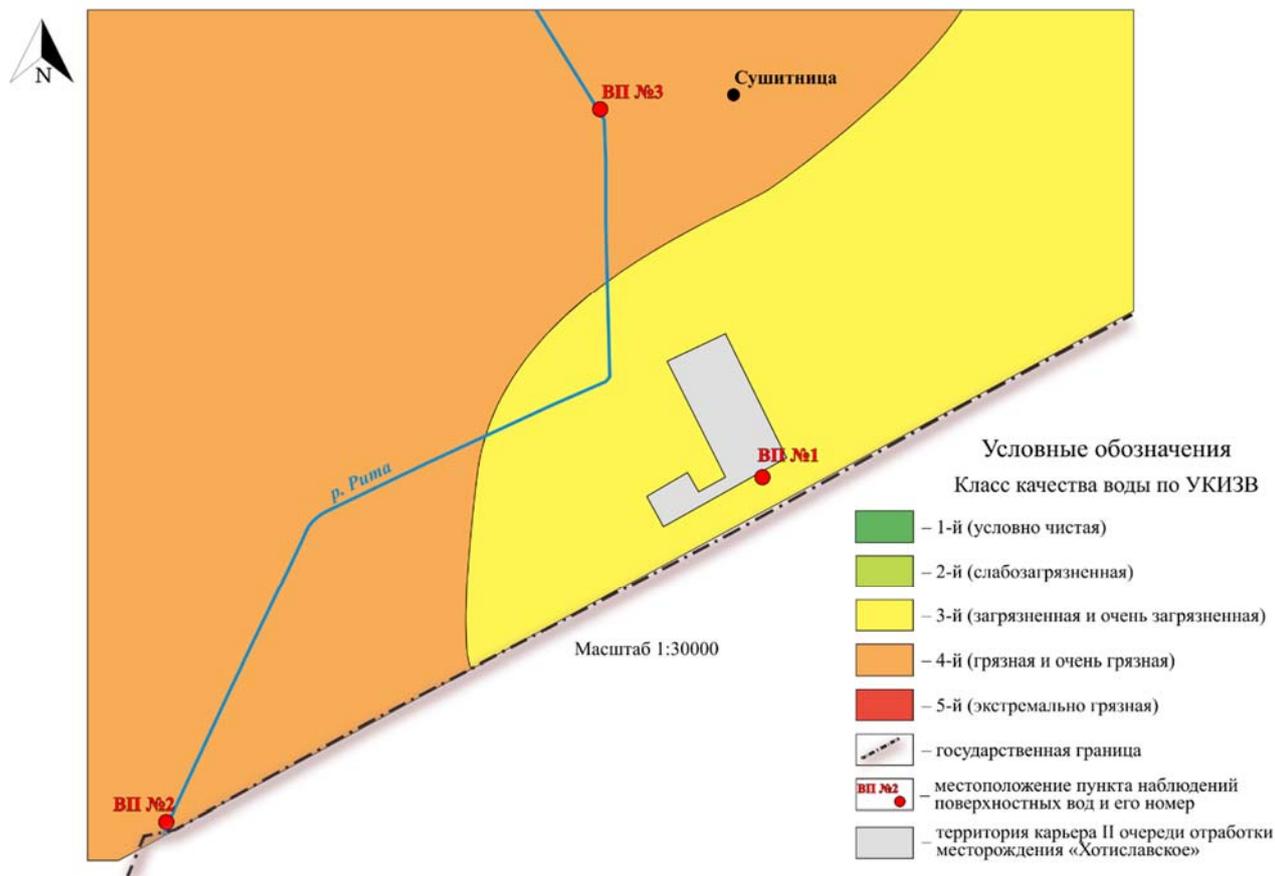


Рисунок – Зонирование территории в районе месторождения мела и строительных песков «Хотиславское» по уровню загрязнения поверхностной воды

На основе анализа данных за 2010–2021 гг. и результатов расчета удельного комбинаторного индекса загрязненности воды для каждого водомерного поста будет разработан комплекс мероприятий, направленных на снижение антропогенной нагрузки на поверхностные воды.

Список литературных источников

1. О состоянии окружающей среды в зоне возможного воздействия отработки II очереди месторождения «Хотиславское» в 2021 г. : аналитическая записка / РУП «ЦНИИКИВР» ; рук. В. П. Музыкин. – Минск, 2021. – 97 с.

2. Мониторинг поверхностных и подземных вод в районе отработки II очереди месторождения «Хотиславское», современное состояние и перспективы обеспечения экологической безопасности /

Музыкин В. П. [и др.] // Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–24 марта 2023 г. / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, РУП «ЦНИИКИВР» ; отв. ред. О. В. Ковзунова. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2023. – С. 181–184.

3. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. РД 52.24.643-2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/10d/4293831806.pdf?ysclid=lqd7xbjyjh332680383>. – Дата доступа: 11.03.2024.

Научное издание

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО И КОМПЛЕКСНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ», ПРИУРОЧЕННОЙ
КО ВСЕМИРНОМУ ДНЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

21–22 марта 2024 года, г. Минск

Ответственный редактор О. В. Ковзунова
Компьютерная верстка М. И. Александровой

Подписано в печать 10.07.2024. Формат 60x84¹/₈. Цифровая печать.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,48. Уч.-изд. л. 9,58.
Тираж 10 экз. Заказ 1284.

Издатель и полиграфическое исполнение:
государственное учреждение «Национальная библиотека Беларуси».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/398 от 02.07.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/157 от 02.07.2014.

Пр. Независимости, 116, 220114, Минск.
Тел. (+375 17) 293 27 68. Факс (+375 17) 368 97 23. E-mail: zav_izdat@nlb.by.