

ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 550.4 + 574

DOI 10.26456/vtchem2022.2.16

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНОЙ МАССЫ ОЗЕР-ОХЛАДИТЕЛЕЙ КАЛИНИНСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

А.В. Бочаров, О.А. Тихомиров

Тверской государственной университет, г.Тверь

Анализируются материалы гидрохимических наблюдений на озерах-охладителях Калининской атомной станции. Приводится оценка современного уровня загрязнения водоемов по отдельным показателям и индексу ИЗВ.

Ключевые слова: гидрохимические показатели, уровень загрязнения, водоемы-охладители, индекс загрязнения воды, озера Удомля и Песьво.

Строительство атомных станции привело к возникновению ряда экологических проблем, одной из которых является существенное изменение гидрохимического режима и качества воды водоемов-охладителей, в результате сброса сточных вод. Калининская атомная станция существует уже около 40 лет, оказывая разнообразное воздействие на окружающую природную среду и водоемы-охладители – озера Удомля и Песьво. В этой связи весьма актуальным является вопрос исследования современного гидрохимического режима водоемов-охладителей АЭС. Основной задачей настоящей работы является анализ гидрохимических показателей и оценка современного качества воды водоемов.

Методика проведения работ. Испытательной химической лабораторией охраны окружающей среды Калининской атомной станции проведен ежемесячный отбор и анализ проб воды в 2018-2020гг. [1]. Гидрохимический мониторинг охватывал всю акваторию озер Удомля и Песьво (около 40 станций отбора проб), включая створы при выпуске сбросных вод АЭС и сопутствующих объектов хозяйственной деятельности. Ежемесячный отбор проб воды, их транспортировка и хранение осуществлялись в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 и нормативных документов, которые устанавливают основные условия по отбору проб природной воды, используемым техническим устройствам, оборудованию и методикам проведения химических анализов [2].

В ходе работы исследовались основные гидрохимические характеристики: водородный показатель, сухой остаток, ион аммония,

растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода, общее железо, нефтепродукты и др. С целью оценки уровня загрязнения использовались предельно-допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения

В процессе анализа данных применялась шкала показателей биологического потребления кислорода. Оценка проводилась на основе установленных индивидуальных значений нормативов, которые обусловлены величиной БПК₅. Так, при БПК₅ менее 1,1 воды характеризуются как чистые; при БПК₅ = 1,1–3,0 – как загрязненные; при БПК₅ более 3,0 – как грязные [3].

Качество воды оценивалось по интегральному индексу ИЗВ, который отражает степень загрязнения воды водного объекта и позволяет определить категорию качества воды. Для поверхностных вод суши ИЗВ рассчитывается по формуле [2]:

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

где, ПДК_i – предельно допустимая концентрация i-го загрязняющего вещества;

n – ограниченное количество используемых показателей;

C_i – концентрация i-го загрязняющего вещества в воде.

Расчет ИЗВ проведен по среднегодовым показателям содержания веществ в водоемах-охладителях за 2018, 2019 и 2020 гг. Использовались данные по основным ингредиентам-загрязнителям: биологическому потреблению кислорода (БПК₅), сухому остатку, ионам аммония, нефтепродуктам, общему железу, а также содержанию растворенного кислорода.

Анализ материалов наблюдений. На химический состав поверхностных вод оказывают влияние разнообразные факторы: осадки, сток с поверхности почв, состав подземных вод, заболоченность, термический режим, который играет важную роль в химических и физических процессах, происходящих в воде. Кроме того, в озера Песьво и Удомля производится сброс стоков Калининской АЭС, отводятся сточные воды с очистных сооружений г. Удомля, дер. Сигово. Атомная станция обеспечивает механическую и биологическую очистку сточных вод до установленных нормативов. Все эти факторы, с учетом подогрева вод, осуществляемых Калининской АЭС, определяют гидрохимический режим озер.

Важным параметром, оказывающим существенное влияние на гидрохимические процессы и состав воды, является показатель рН. От его величины зависит степень разложения органических веществ и жизнедеятельность гидробионтов. В природных водах кислотность зависит от содержания свободного диоксида углерода, а также притока

почвенных гуминовых и слабых органических кислот. В водоемах Тверской области показатель pH изменяется в пределах от 6,3 – 8,5 [4,5].

На рис.1. представлено изменение показателя кислотности воды озер Удомля и Песьво в 2018 и 2019 гг. Анализ годовой динамики водородного показателя свидетельствует о колебаниях величины pH в пределах 8,1 – 8,5, что соответствует о слабощелочной реакции водного раствора. При этом максимум достигается в теплый период года, что может быть связано с усилением притока анионов угольной кислоты, образующих гидроксильные ионы.

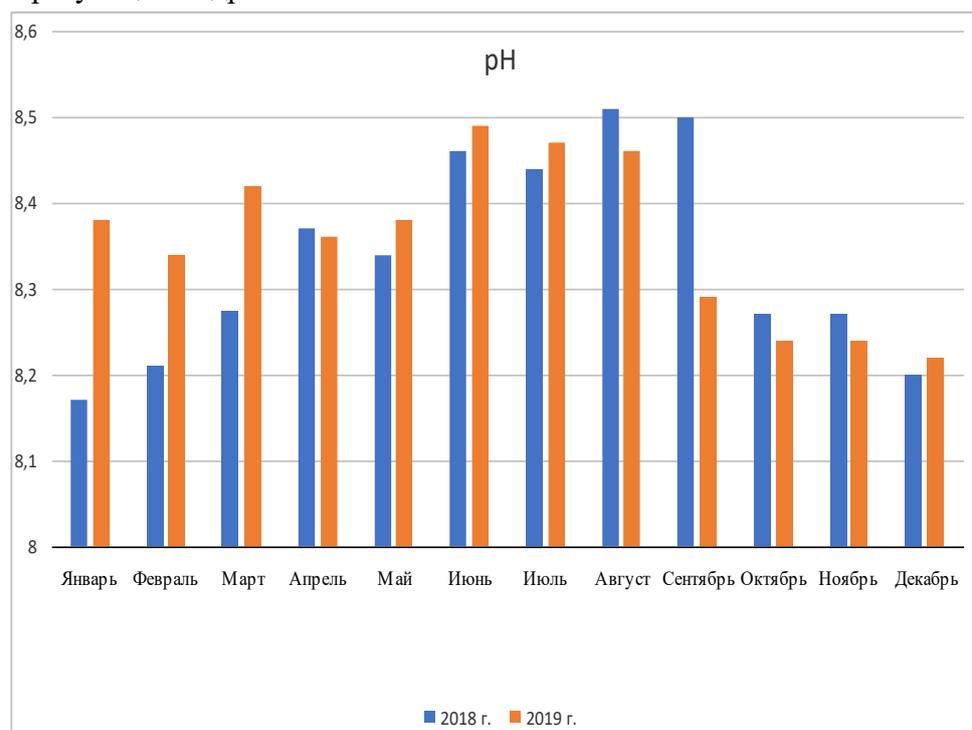


Рис. 1. Динамика водородного показателя (pH) в воде водоемов-охладителей Калининской АЭС (2018 и 2019 гг.)

В первые годы после пуска АЭС показатели pH были несколько ниже, что позволяет сделать вывод о тенденции некоторого роста щелочности воды в водоемах-охладителях в настоящее время.

Сухой остаток отражает количество растворенных в воде соединений, содержание минеральных и органических веществ и характеризует общую минерализацию воды. Годовой ход показателя сухого остатка в воде озер Удомля и Песьво (рис.2) свидетельствует о достаточно стабильной величине минерализации, которая колеблется в пределах от 210 до 270 мг/дм³, что позволяет оценить водную массу озер как удовлетворительно минерализованную (менее 300 мг/дм³). Некоторый рост минерализации отмечается в зимние месяцы с

увеличением притока грунтовых вод. Снижение показателя наблюдается летом.

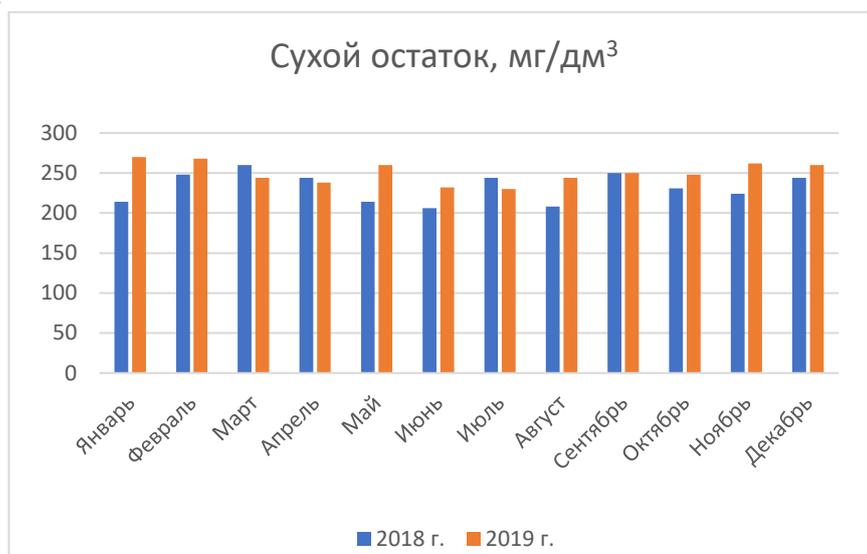


Рис. 2. Динамика показателя сухого остатка (мг/дм³) в воде водоемов-охладителей Калининской АЭС (2018 и 2019 гг.)

Содержания кислорода в природных водах связано с гидродинамической активностью, переходом его из атмосферы и процессом фотосинтеза.

Дыхание водных организмов, многие гидрохимические и гидробиологические процессы связаны с кислородом. Концентрация O_2 в водоемах может изменяться от 0 до 14 мг/дм³ и подвержено как сезонными, так и суточными колебаниями.

Высокая гидродинамическая активность водоемов-охладителей Калининской АЭС обеспечивает достаточно благоприятный для гидробионтов кислородный режим, который отличается относительно равномерным высоким содержанием кислорода в воде (6,7–10,8 мг O_2 /дм³) в течение всего года.

Наблюдения показали, что значительная концентрация кислорода в воде поддерживается и в зимнее время (8,7 до 10,6 мг/дм³). Это явление может быть связано с образованием обширной полыньи за счет сбросов вод АЭС и волновым перемешиванием водной массы. Летние пики концентрации кислорода связаны с развитием фитопланктона и высшей водной растительности, усиливающих свою фотосинтетическую деятельность, в результате которой вода насыщается кислородом.

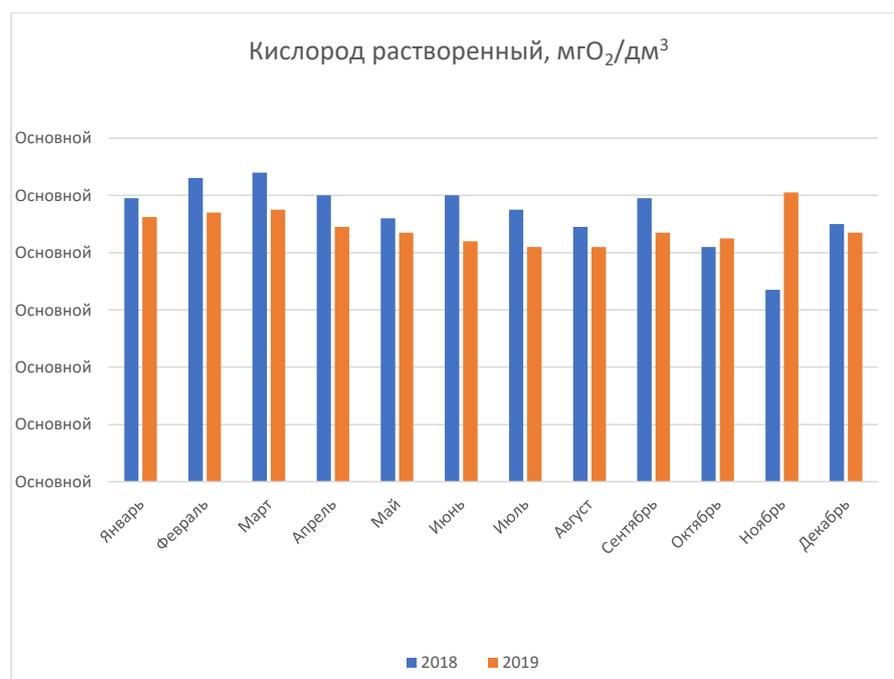


Рис. 3. Динамика содержания растворенного кислорода (мгО₂/дм³) в воде водоемов-охладителей Калининской АЭС (2018 и 2019 гг.)

Анализ мониторинговых гидрохимических наблюдений показал, что биохимическое потребление кислорода в воде водоемов-охладителей изменялось от 1,77 до 3,3 мгО₂/дм³.

Следовательно, в течении всего года БПК₅ приближалось к предельно-допустимым концентрациям, достигая максимума в мае-августе (1,2ПДК). По этому показателю практически в течении всего летнего периода вода относится к категории «загрязненной» и может переходить на уровень – «грязной» воды.

Биогенные элементы наиболее активно участвуют в жизнедеятельности водных организмов, их концентрации в воде целиком или частично зависят от интенсивности биологических процессов, протекающих в водных объектах. Основным антропогенным источником поступления биогенных элементов в оз. Удомля и оз. Песьво являются хозяйственно-бытовые сточные воды г.Удомля и Калининской атомной станции.

Природное поступление соединений азота в поверхностные воды связано с разложением отмерших организмов, вымыванием из грунта и почв, выпадением атмосферных осадков и др. Их содержание отражает санитарное состояние водоема. Анализ гидрохимических параметров показал, что содержание аммонийного азота в водоемах-охладителях в 2018-2020гг. изменялось от 1,16 до 0,49 мг/дм³, понижаясь в зимнее время и увеличиваясь в теплый период года. Большую часть всего периода наблюдений содержание аммонийного азота в воде было близко

к ПДК, а летом 2019 г. отмечен максимум, превысивший предельно-допустимую концентрацию ($0,5 \text{ мг/дм}^3$) и достигший $0,51 \text{ мг/дм}^3$. Рост концентраций ионов аммония в последние годы, по всей видимости, связан с увеличением валового сброса загрязняющих веществ (включая ионы аммония) в водоемы-охладители (до 7т к 2020г.).

Сезонные колебания содержания аммония связаны с рядом факторов: изменениями температуры воды, кислотности, которые определяют интенсивность биохимических процессов, а также с деятельностью гидробионтов. Наблюдаемое снижение концентраций весной и в начале лета происходит вследствие интенсивного развития фитопланктона, активно поглощающим соединения азота. Увеличение содержания ионов аммония в воде в конце лета – начале осени связано, прежде всего, с процессами биохимического регресса белковых веществ, а также с распадом аминокислот и разложением мочевины. В зимнее время ионы аммония могут образовываться в результате анаэробных процессов восстановления нитратов и нитритов.

Для Верхневолжья характерно повышенное содержание в природных водах соединений железа [4,5]. В 2018–2020г.г. концентрации общего железа в воде водоемов-охладителей Калининской атомной станции колебались от $0,05$ до $0,086 \text{ мг/дм}^3$ с максимумом в 2020г, что согласуется с динамикой роста сбросов соединений железа со сточными водами ($0,06\text{т}$ в 2020г.). Прослеживаются сезонные колебания с увеличением концентраций в зимнее время. При этом, содержание общего железа в воде водоемов-охладителей за анализируемый период наблюдений не превышало величину ПДК.

Исследования показали, что содержание фосфатов в воде водоемов-охладителей в 2018-2020гг. изменялось в пределах от $0,01$ до $0,09 \text{ мг/дм}^3$. При этом концентрации фосфатов подвержены сезонным колебаниям, несколько падают летом и увеличиваются к зимнему периоду. Анализ свидетельствует о превышении ПДК фосфатов для олиготрофных водоемов большую часть 2019г. и в зимнее время 2018г. (в 1,8 раз). Уменьшение содержания фосфатов в водных объектах связано с потреблением их организмами, обитающими в поверхностных водах. Увеличение концентраций согласуется с ростом сбросов этих соединений вместе со сточными водами.

Хозяйственная деятельность на побережье ведет к загрязнению водоемов нефтепродуктами. Нефтепродукты встречаются в пробах постоянно, их концентрация приближается к ПДК, но не превышает его.

В ходе анализа и обработки материала гидрохимических исследований был рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ) водоемов-охладителей. Оказалось, что в 2018-2020гг. показатель ИЗВ изменялся в пределах $1,5-2,0$, что соответствует 3-му классу качества воды и позволяет отнести водоемы-охладители Калининской АЭС к стабильно умеренно загрязненным.

Заключение

Изучение современного состояния гидрохимических показателей и качества воды водоемов-охладителей Калининской атомной станции показало:

- 1) Гидрохимические параметры водоемов зависят как от природных условий, так и от деятельности человека и носят выраженный сезонный характер. Качество воды водных объектов в значительной мере связано антропогенным воздействием, включая влияние сбросов подогретых вод Калининской АЭС. Подогрев воды изменяет гидрохимический режим и биохимические процессы, возникающие в водоеме-охладителе, что проявляется в увеличении концентрации биогенных элементов, органического вещества, изменении содержания минеральных компонентов.
- 2) Вода водоема-охладителя отличается стабильным и достаточно высоким в течение всего года показателем рН, соответствующим реакции слабощелочного диапазона. По концентрации минеральных веществ вода оценивается как удовлетворительно минерализованная. Содержание минеральных веществ закономерно растет зимой с увеличением притока грунтовых вод и снижается в теплую часть года.
- 3) Водоохранилище-охладитель АЭС имеет благоприятный газовый режим в течение всего года. Содержание растворенного O_2 в поверхностных водах изменяется по сезонам, но в целом характеризуется как высокое.
- 4) В течении всего года биологическое потребление кислорода приближалось к предельно-допустимой концентрации, превышая ПДК в летний период. Содержание аммонийного азота в водоемах-охладителях имеет сезонный характер, понижаясь в зимнее время и увеличиваясь в теплый период года. Концентрация общего железа в воде водоемов-охладителей достаточно высокая, но за период наблюдений 2018-2020гг. величину ПДК не превышала. Анализ свидетельствует, что содержание в воде фосфатов превышает рыбохозяйственный показатель ПДК для олиготрофных водоемов.
- 5) Интегральный показатель (ИЗВ) водных масс водоемов-охладителей Калининской атомной станции находится в пределах величин от 1,5 до 2,0, что соответствует 3-му классу – умеренно загрязненных вод.

Список литературы:

1. Отчет по экологической безопасности Калининской АЭС за 2020 г. // Росэнергоатом, Калининская АЭС. – Удомля. – 2021. – 39с.
2. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду. – Изд. СПбУ. – 2006. – 259с.

3. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. – М.: Наука.– 1984. – 207 с.
4. Тихомиров О.А. Динамика аквальных комплексов равнинных водохранилищ-Тверь. Изд. ТвГУ. – 2008. – 308с.
5. Тихомиров О.А. Гидрохимический мониторинг и качество воды водоема-охладителя Калининской атомной станции // Междунар. научная конф. «Охрана окружающей среды – основа безопасности страны». 29-31.03.22 – Краснодар. Изд. КГАУ.- 2022. С.371-373.

Об авторах:

БОЧАРОВ Александр Вячеславович – ассистент кафедры физической географии и экологии ФБГОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь, e-mail: bochalex@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3363-091X. SPIN – код: 9454-9864.

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии ФБГОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь, e-mail tikhomirovoa@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6564-2077, SPIN – код: 2586-8054.

HYDROCHEMICAL INDICATORS OF WATER MASS COOLING LAKES OF THE KALININ NUCLEAR POWER PLANT

A.V. Bocharov, O.A. Tikhomirov

Tver State University, Tver

The materials of hydrochemical observations on the cooling lakes of the Kalinin nuclear Power Plant are analyzed. The assessment of the current level of pollution of water bodies by individual indicators and the IZV index is given.

Keywords: *hydrochemical indicators, pollution level, cooling reservoirs, water pollution index, lakes Udomlya and Pesvo.*