

Химическая экология

УДК 543.42:547.979.7

DOI: 10.26456/vtchem2025.1.14

Анализ химического состава воды водоема-охладителя Конаковской ГРЭС

О.А. Тихомиров, Л.С. Рудников

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

На основе анализа гидрохимических наблюдений разных лет дана оценка современного состояния водоема-охладителя Конаковской ГРЭС. Прослежена динамика гидрохимических показателей и основных загрязняющих компонентов на изучаемом участке за пятидесятилетний период.

Ключевые слова: гидрохимические показатели, загрязнение, мониторинг, динамика, водоем-охладитель.

Постановка проблемы и методика работы. Ивановское водохранилище является водоемом охладителем Конаковской ГРЭС с 1964г. При проектной мощности 2,4 млн кВт для обеспечения охлаждения конденсаторов используется более 90 м³/сек воды. Сброс сточных вод оказывает влияние на гидрохимические показатели водохранилища. В то же время современный гидрохимический режим, качество воды водоема-охладителя, изменения, произошедшие за последние десятилетия исследованы недостаточно.

Кроме того, значимость исследуемой проблемы определяется тем, что Ивановское водохранилище (р. Волга), является источником питьевого водоснабжения нескольких регионов Российской Федерации и рыбохозяйственным объектом высшей категории.

В этой связи целью настоящей работы является оценка гидрохимических показателей и современного качества воды в водоеме-охладителе за период существования Конаковской ГРЭС.

В ходе исследования использовались данные экологического мониторинга Тверского Гидрометеоцентра [3, 8] и Института водных проблем РАН (на базе филиала Ивановской НИС) [4, 5, 7].

Наблюдения проводились в ряде пунктов приплотинного плеса и Мошковичском заливе Ивановского водохранилища. Пробы воды отбирались в основные гидрологические фазы и анализировались по стандартным методикам [6]. Для оценки динамики гидрохимических показателей использовались материалы исследований Института биологии внутренних вод АН СССР (1975-78 гг.) [6].

В лаборатории филиала ИВП РАН (Иваньковская НИС, г. Конаково) проводился анализ по основным гидрохимическим показателям: растворенный кислород, сульфаты, хлориды, БПК₅, фосфаты, оксид азота, железо, медь, никель, свинец, фенолы, нефтепродукты [4, 5, 7]. В ходе оценки выбирались показатели, имеющие наибольшие среднегодовые и максимальные разовые концентрации веществ.

С целью определения уровня загрязнения воды устанавливалось содержание веществ относительно рыбохозяйственных ПДК. Кроме того, для проведения сравнительного анализа были взяты данные химического состава вод отводящего канала Конаковской ГРЭС, сточных вод очистных сооружений и условно фонового створа на русле Волги (район г. Конаково) выше устья Мошковичского залива.

Обсуждение результатов

Источниками загрязнения водоема-охладителя в районе исследования являются недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые, промышленные и сельскохозяйственные стоки [4, 7].

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области [3,8] в настоящее время Конаковская ГРЭС забирает 889,3 млн м³ и сбрасывает в Мошковичский залив 862,4 млн. м³ воды в год. Это в 10 раз больше, чем объем сточных вод Калининской АЭС и Тверских ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4 вместе взятых. Суммарный сброс сточных вод города Конаково составляет 0,22 млн м³ в год [3].

Основными загрязняющими веществами воды в районе приплотинного плеса водохранилища являются: соединения металлов, легкоокисляемые органические вещества, нефтепродукты, фенолы и др.

В результате поступления теплых вод Конаковской ГРЭС температура водной массы в заливе в различные периоды становится на 3,5-8,5°С [1, 6] выше, чем в основной части водоема. Это приводит в зимнее время к неполному установлению ледяного покрова.

По многолетним данным минерализация воды в летне-осенний период в приплотинном плесе составляет 192-210 мг/дм³. Средние показатели минерализации за этот же период в заливе, принимающем сточные воды Конаковской ГРЭС составляют 276 мг/дм³, что несколько больше, чем в целом по Иваньковскому водохранилищу.

По материалам наблюдений Института биологии внутренних вод РАН [6] с 1969 по 1975гг. содержание гидроксильных ионов (НСО₃⁻) в воде приплотинного плеса в летне-осенний период составляло 115-138 мг/дм³.

В настоящее время в зоне влияния Конаковской ГРЭС содержание гидроксильных ионов (НСО₃⁻) изменяется слабо от места сброса вод к выходу на приплотинный плес. Однако оно существенно выше, чем 50-60 лет назад (164–167 мг/дм³). В районе сброса сточных вод г.Конаково

показатели еще более значительны (173 мг/дм³). Эту же тенденцию, связанную с некоторым влиянием сбросных вод города, отмечали и исследователи Института биологии внутренних вод СССР и Института водных проблем РАН [4, 5, 6, 7].

По данным Института биологии внутренних вод, в начале 70-х годов в воде района сброса сточных вод Конаковской ГРЭС в теплый период года концентрация ионов кальция и магния составляла в среднем соответственно 23,0-36,0 мг/дм³ и 6,0-9,2 мг/дм³ [6]. В настоящее время отмечено некоторое увеличение содержания этих элементов. Оно изменяется слабо от места сброса вод ГРЭС к выходу на плес водохранилища до 39,7 мг/дм³ и, практически, соответствуют составу фоновой волжской воды.

В районе сброса вод г.Конаково концентрация ионов кальция и магния несколько увеличивается. Речной приток и хозяйственно-бытовые воды города имеют более высокие концентрации рассматриваемых элементов, чем в волжской воде. Однако из-за большого разбавления водами ГРЭС их влияние на солевой состав водоема относительно невелико.

Пространственный анализ данных показывает, что в воде Мошковичского залива сумма ионов натрия и калия незначительно снижается от отводящего канала ГРЭС к устью от 8,6 до 6,4 мг/дм³. Но в среднем при некоторых отличиях колебание суммы этих элементов укладывается в фоновые показатели за весь период наблюдений.

Влияние Конаковской ГРЭС прослеживается в изменении содержания растворенных газов в воде водохранилища. В работах [1, 5, 6] исследователи отмечали, что зимой при большом дефиците кислорода в воде, содержание его в сбросных водах ГРЭС увеличивается до 4-5 мг/л. Отсутствие ледяного покрова также способствовало насыщению воды кислородом из атмосферы.

Анализ данных Института водных проблем РАН [4, 5, 7], по среднемесячным значениям гидрохимических показателей в зоне воздействия Конаковской ГРЭС за летний период свидетельствует о достаточно высоком содержании в воде кислорода. При этом наблюдается постепенное увеличение (от 7,3 до 7,8 мгО₂/дм³) насыщенности кислородом от места сброса сточных вод к приплотинному плесу. Существенных отличий по сравнению с участками выше и ниже очистных сооружений Конаково не прослеживается.

Как показали наблюдения, среднее содержание хлоридов (3,9 до 4,1 мг/дм³) и сульфатов (от 9,2 до 10,1 мг/дм³) слабо растет от места сброса вод ГРЭС к устью залива. Вероятнее всего, причиной такого роста является сброс сточных вод городом Конаково, где их концентрации практически в два раза выше.

Биохимическое потребление кислорода в 70-е годы 20в. в воде приплотинной части водоема-охладителя (Иваньковского плеса) не превышало $2,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, а максимальное – совпадало с периодом массового развития фитопланктона (до $3 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ и более). В летний период этот показатель изменялся от 1,37 до $2,49 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ [6].

В настоящее время с удалением от ГРЭС (источника воздействия) прослеживается слабое изменение БПК₅ от 1,38 до $1,41 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Эта величина ниже рыбохозяйственной ПДК, что свидетельствует о низком уровне биохимического поглощения кислорода в условиях воздействия теплых вод ГРЭС [6].

Согласно классификации водоемов по степени загрязнения этот участок водохранилища можно отнести к чистым, но носящим в отдельные периоды следы антропогенного загрязнения [6].

Химическое потребление кислорода (ХПК), также постепенно снижается от отводящего канала ГРЭС до реки Волги (от $30,35$ до $27,27 \text{ мгО}/\text{дм}^3$) и примерно соответствует показателям в районе сброса стоков вод г.Конаково ($24-29 \text{ мг}/\text{дм}^3$). Химическое потребление кислорода находится на уровне фонового показателя для Иваньковского водохранилища. Оно не превышает значения рыбохозяйственной ПДК, но в 1,5-2 раза выше предельно-допустимой концентрации для водоемов питьевого назначения.

Содержание общего азота в водах водохранилища в среднем за 1970-1975 гг. в весенний период составляло $1,32 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Минимальная величина ($1,13 \text{ мг}/\text{дм}^3$) наблюдалась в многоводном году (1970 г.), максимальная ($1,65 \text{ мг}/\text{дм}^3$) – в маловодном 1973 г. Рост содержания соединений азота в теплый период определяется поступлением их из донных отложений и остатков растительности, а также в результате азотфиксации во время интенсивного развития фитопланктона. Решающую роль в увеличении количества общего азота играло усиление влияния сточных вод [2, 6].

Анализ сбросных вод Конаковской ГРЭС показал, что при прохождении водой агрегатов станции содержание общего азота в воде практически не меняется (от 1,5 до $1,64 \text{ мг}/\text{дм}^3$), а аммонийного азота составляет 0,11- $0,95 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Сточные воды Конаково исходно содержат до 20 мг общего азота, и концентрация их в воде залива зависит от работы очистных сооружений.

Наибольшее количество нитратов характерно для Иваньковского плеса (весной – $0,87 \text{ мг}/\text{дм}^3$), наименьшее для Шошинского ($0,01 - 0,11 \text{ мг}/\text{дм}^3$), где начиная с мая происходит интенсивное развитие диатомовых водорослей. Максимальные концентрации нитратного азота наблюдались в маловодный 1973 г., а минимальные – в многоводном 1970 г. [2, 6]. Среднее для водохранилища содержание аммонийного

азота колебалось по годам от 0,1 до 0,3 мг/дм³, не зависимо от водности года. Летом содержание нитратного азота обычно снижается.

Анализ современных данных свидетельствует о том, что содержание аммонийного азота (NH₄⁺) несколько падает от сбросного канала ГРЭС к устью залива. Его концентрация меняется от 0,255 до 0,29 мг/дм³. В районе сброса городских стоков колебания более значительны (0,402 и 0,233 мг/дм³). По азоту аммонийному (NH₄⁺) в целом благоприятная ситуация и превышения ПДК не наблюдается.

В районе сброса городских стоков концентрация нитратного азота довольно значительная (7,0-7,8 мг/дм³), но уменьшается к устью залива до 2,0 мг/дм³, при среднем фоне речной воды 1,2 мг/дм³.

Весенние воды Волги богаты соединениями фосфора. Максимальные концентрации были отмечены в маловодном 1972 г., максимальные – в среднем по водности 1974 г. Колебания, по-видимому, связаны с различием интенсивности эрозионных процессов, которые обеспечивают сток взвешенных веществ в бассейне Волги [6].

Весной минеральный фосфор составляет до ¼ от общего фосфора в воде водохранилища. Отклонение от этой величины связаны с интенсивностью развития диатомовых водорослей. В летнее время концентрация общего фосфора может возрастать под действием сточных вод городов. Так, по многолетним данным, содержание общего фосфора в сточных водах волжских городов в 70-е годы достигало 2,7 мг/дм³ [6]. При этом растворенный минеральный фосфор составлял до 75% от общего фосфора в сточных водах. Аналогичная ситуация в сточных водах г.Конаково. В Ивановском плесе тенденция к увеличению общего фосфора наиболее отчетливо проявилась в маловодные 1972 и 1973 гг. (до 30-45 мг/дм³).

Анализ сбросных вод ГРЭС показал, что содержание фосфора ниже выпуска сточных вод г. Конаково и в устье Мошковичского залива практически такое же, что и в районе водозабора. Минимальные различия обусловлены относительно малым объемом стока и высокой степенью разбавления водами основного потока.

В поверхностных водах при наличии кислорода преобладает трехвалентное железо, которое находится преимущественно в виде коллоидальной гидроокиси. Гуминовые вещества, вступая во взаимодействие с железом, образуют растворимые комплексные соединения и препятствуют его осаждению [6]. Снижения концентрации железа вниз по Волге к плотине и от весны к осени не наблюдается. В настоящее время содержание общего железа в воде снижается при удалении от Конаковской ГРЭС (от 0,145 до 0,135 мг/дм³), что соответствует его концентрации в городских стоках (0,142 – 0,133 мг/дм³).

Анализ показывает (рис. 1), что содержание общего железа в воде зоны влияния Конаковской ГРЭС в теплый период года близко (но несколько ниже) его фоновому содержанию в реке Волге (в районе Конаково), ниже его концентрации в воде отводящего канала, но несколько превышает ПДК.

Концентрация марганца растет от ГРЭС при удалении от источника воздействия (от 0,049 мг/дм³ до 0,060 мг/дм³ в устье залива). Это примерно столько же, что и в районе сброса вод города – 0,055 мг/дм³. Концентрация марганца составляет 4-6 ПДК. По сравнению с Волгой его содержание в воде залива значительно ниже в месте сброса ГРЭС и постепенно растет к устью.

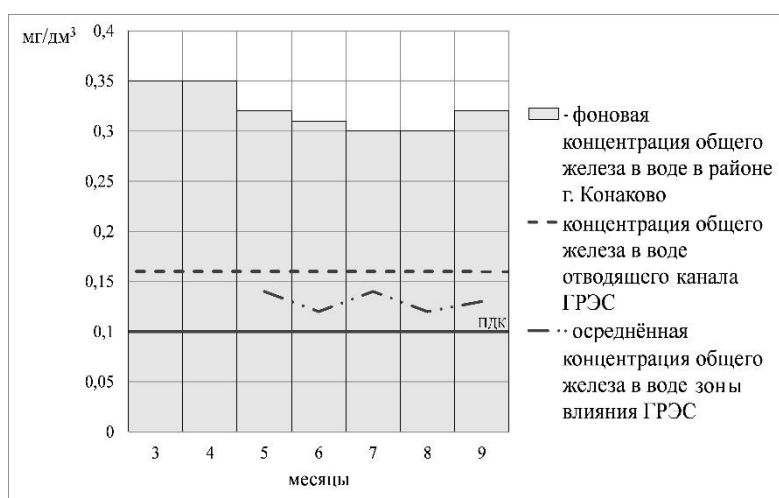


Рис. 1. Изменение содержания общего железа (мг/дм³) в воде зоны влияния Конаковской ГРЭС

Цинк в водах поверхностного стока содержится преимущественно во взвешенном состоянии, т.к. при слабощелочной реакции среды он наименее подвижен и легко сорбируется взвесью. А.А. Былинкина [6] приводит данные по содержанию цинка в реках Волге и Тверце для начала 70-х годов 20 в. Его средняя концентрация изменялась от 0,006 до 0,013 мг /дм³.

Данные лаборатории ИВП РАН показали, что в настоящее время концентрация цинка довольно высокая и уменьшается от точки сброса сточных вод г.Конаково (0,023 – 0,034 мг / дм³) далее по заливу до 0,014 – 0,018 мг /дм³.

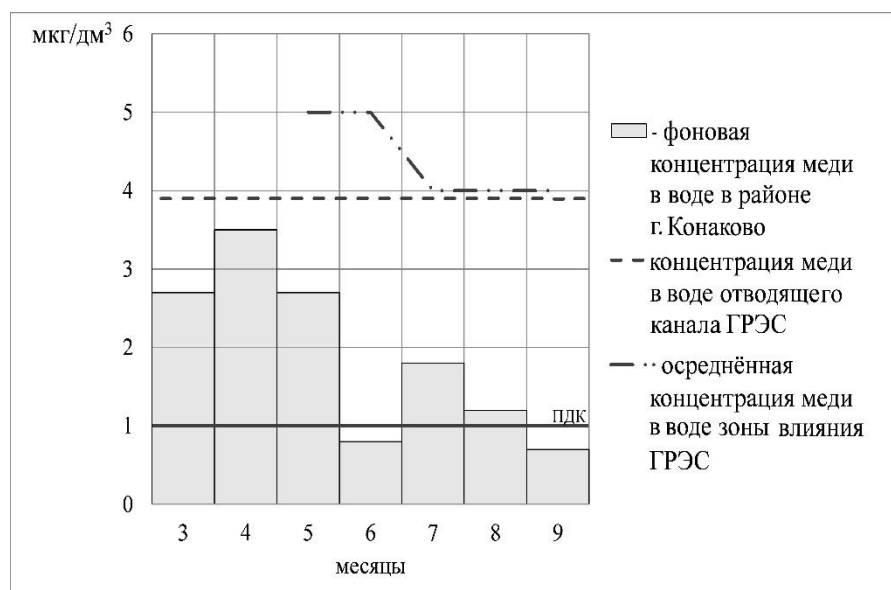


Рис. 2. Изменение содержания меди (мкг/дм³) в воде зоны влияния Конаковской ГРЭС

Содержание свинца близкое во всех точках наблюдения колеблется от 0,0119 до 0,0116мг/дм³ и во всех случаях не превышает ПДК. В воде Волги фоновые концентрации свинца еще меньше.

Значительное загрязнение воды в зоне влияния Конаковской ГРЭС (рис. 2) отмечено по содержанию меди (4-5ПДК). При этом среднемесячная фоновая концентрация меди в воде реки Волги в районе Конаково также в большинстве случаев превышает ПДК. Содержание меди уменьшается в зоне влияния ГРЭС от точки сброса вод к устью залива.

В Мошковичском заливе прослеживается некоторое загрязнение нефтепродуктами (0,027 – 0,035 мг/дм³), что несколько меньше, чем у г.Конаково (0,1022 мг/дм³). Загрязнение проявляется только в месте сброса городских очистных сооружений. В условиях стоков ГРЭС превышение ПДК по нефтепродуктам не отмечено.

Концентрация СПАВ (ПДК = 0,1мг/дм³) несколько снижается к устью залива от 0,0225 мг/дм³ до 0,0184 мг/дм³, и практически не меняется от места сбросов городских стоков Конаково, при среднем фоновом показателе в реке Волге 0,02 мг/дм³.

Выводы

Гидрохимический режим водоема-охладителя находится под воздействием сточных вод Конаковской ГРЭС и города Конаково. За 50-

летний период наблюдений выявлено изменение концентрации ряда гидрохимических показателей.

В настоящее время максимальное загрязнение воды в зоне влияния Конаковской ГРЭС отмечено для марганца и меди (4-6ПДК). Содержание общего железа и меди достаточно стабильно на протяжении периода наблюдений и снижается при удалении от Конаковской ГРЭС.

Концентрация цинка и свинца стала меньше по сравнению с 70-ми годами 20в. и снижается при удалении от точки сброса сточных вод г. Конаково.

Содержания гидроксильных ионов, кальция и магния за период наблюдений изменяется слабо. В настоящее время в зоне влияния Конаковской ГРЭС прослеживается тенденция некоторого роста концентрации гидроксильных ионов (HCO_3^-), кальция и магния от места сброса вод к выходу на приплотинный плес.

Вероятнее всего, причиной колебаний содержания хлоридов (от 3,9 до 4,1 мг/дм³) и сульфатов (от 9,2 до 10,1 мг/дм³) является сброс сточных вод городом Конаково, где их концентрации практически в два раза выше, чем в устье залива.

Химическое потребление кислорода (ХПК) постепенно снижается от отводящего канала ГРЭС до реки Волги и примерно соответствуют величине этого показателя в районе сброса стоков вод г. Конаково. Показатели химического потребления кислорода не превышают значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов, но в 1,5-2 раза выше ПДК для водоемов питьевого назначения. Величина БПК₅ ниже ПДК, что свидетельствует о низком уровне биохимического поглощения кислорода в условиях воздействия теплых вод ГРЭС.

Анализ современных данных свидетельствует о том, что увеличение содержания аммонийного, нитратного азота и общего фосфора, загрязнение нефтепродуктами и СПАВ проявляется только в месте сброса городских очистных сооружений. В районе сброса сточных вод Конаковской ГРЭС превышение ПДК этих веществ не отмечено.

Список литературы

1. Абакумов В. А., Ахметьева Н. П., Бреховских В. Ф. и др. Ивановское водохранилище: современное состояние и проблемы охраны. М.: Наука. – 2000. – 344 с.
2. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водоохранилища верхней Волги: Монография / Под ред. З.А. Викулиной, В.А. Знаменского. Л.: Гидрометеиздат. 1975. С. 78.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Тверской области за 2023 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ecoindustry.ru/gosdoklad/view/672.html>

4. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Кузовлев В.В., Чекмарева Е.А. Влияние крупных объектов теплоэнергетики на экологическое состояние водоемов – охладителей. В кн.: Труды научного конгресса. 20-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2018». В 3 т. Т. 1 / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т; отв. ред. А. А. Лапшин. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 452 с.
5. Григорьева И.Л., Федорова Л.П., Чекмарева Е.А. Современное гидроэкологическое состояние Иваньковского водохранилища в районе отвода подогретых вод от Конаковской ГРЭС. // Вестник Тверского Государственного Университета. Серия: "География и Геоэкология". 2019. № 1. 23-38 с.
6. Иваньковское водохранилище и его жизнь. Труды Института биологии внутренних вод / Под ред. Н. В. Буторина. – Академия наук СССР. – Л.: Наука, 1978. – Т. 34. – 304 с
7. Кузовлев В.В., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарёва Е.А. Влияние крупных объектов теплоэнергетики Тверской области на современное гидроэкологическое состояние водоемов – охладителей // Труды региональных научных проектов Тверской области 2017 года в сфере фундаментальных исследований // Под ред. В.М.Самсонова, С.В.Жукова – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – 84 с.
8. Обзор состояния окружающей среды в Тверской области по данным наблюдательной сети Росгидромета в 2021 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tvermeteo.ru/labor/2021-year.pdf>
9. Тихомиров О.А., Бочаров А.В., Никольский В.М. Региональный ретроспективный анализ воды и донных отложений Верхней Волги // Водные ресурсы. 2022. Т.49, №3, с.325-332.

Об авторах:

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет» (170021, г. Тверь-21, ул. Прошина, д. 3, корп. 2), e-mail: tikhomirovoa@mail.ru

РУДНИКОВ Леонид Сергеевич – аспирант кафедры физической географии и экологии факультета географии и геоэкологии ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет» (170021, г. Тверь-21, ул. Прошина, д. 3, корп. 2), e-mail: Rudnikov.LS@tversu.ru

Analysis of chemical composition of water

of the cooling pond of the Konakovskaya GRES

O.A. Tikhomirov, L.S. Rudnikov

Tver State University, Tver

On the basis of the analysis of hydrochemical observations of different years the estimation of the current state of the cooling pond of Konakovskaya GRES is given. The dynamics of hydrochemical indicators and main polluting components in the studied area for the fifty-year period is traced.

Keywords: *hydrochemical indicators, pollution, monitoring, dynamics, cooling pond*

Дата поступления в редакцию: 14.01.2025.

Дата принятия в печать: 17.01.2025.