

ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 550.4 + 574

DOI 10.26456/vtchem2022.1.15

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И КАЧЕСТВА ВОДЫ УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.А. Тихомиров

Тверской государственной университет, г. Тверь

Проведен анализ концентраций основных загрязняющих веществ воды Угличского водохранилища за период 2016-2020гг. Дана оценка современного загрязнения водоема. Установлены категории качества водной массы по уровню загрязнения.

Ключевые слова: качество воды, тяжелые металлы, загрязнение, водохранилище

Гидрохимический режим Угличского водохранилища после его создания в 1939г. на реке Волге изучался рядом исследователей: В.А. Абакумовым, В.Ф. Бреховским [1]; А.А. Былинкиной, Н.А. Трифионовой [2, 14]; Дебольским В.К., Григорьевой И.Л. [4, 5]; А.А. Зениным [6]; Г.И. Лазаревой [7, 8]; и др. Водоем имеет комплексное назначение, активно используется человеком, испытывая антропогенное давление в течение 70 лет. В этой связи вызывает интерес современное состояние качества воды водохранилища.

Практическое значение исследования определяется необходимостью проведения гидрохимического мониторинга, оценки экологического состояния водного объекта с целью обеспечения его безопасного функционирования для населения и биоты.

В ходе исследования проводился анализ пространственной и временной динамики гидрохимических показателей, на основе которого дана оценка качества воды водохранилища.

Методика проведения работ. Изучение временной и пространственной динамики распределения загрязняющих веществ в воде Угличского водохранилища проводилось на основе анализа осреднённых годовых гидрохимических показателей за период с 2016 по 2020 гг. В ходе исследования использованы статистические данные лаборатории мониторинга загрязнения окружающей среды (ЛМЗОС) Тверского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [9].

Объекты исследования и пункты наблюдения. Для анализа уровня загрязнения и оценки качества воды Угличского водохранилища

были выбраны следующие пункты: г. Дубна, г. Кимры, пос. Белый Городок, г. Калязин (0,25 км выше города), д. Селищи.

В ходе полевых работ проведен отбор проб с определением основных гидрохимических показателей состава и свойств воды: растворенные газы (O₂, CO₂); биогенные компоненты, БПК₅, ХПК и др. Для оценки уровня загрязнения анализировались пробы воды на содержание тяжелых металлов (железо общее, марганец, медь, никель, свинец, хром общий, цинк), а также нефтепродуктов и фенолов.

В ходе количественного анализа химических элементов и контроля экологического состояния вод водохранилища использовались рыбохозяйственные показатели предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ИЗВ – обобщённый критерий качества воды. ИЗВ – индекс загрязнённости вод, рассчитывается как среднее арифметическое из превышений ПДК по шести ингредиентам: кислороду, органическим веществам, определяемым по биохимическому потреблению кислорода за пять суток (БПК₅) и четырём ингредиентам с наибольшим превышением ПДК:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где C_i – концентрация одного из шести ингредиентов.

Для оценки уровня загрязнения вод водохранилища использовалась шкала ИЗВ, позволяющая выделить семь классов качества воды (табл. 1) [10].

Таблица 1

Классификация загрязнения пресных вод поверхностных водоёмов [10]

Класс загрязнения воды	Значение ИЗВ (количественная оценка)	Характеристика загрязнения (качественная оценка)
I	< 0,3	Очень чистая вода
II	0,3 – 1,0	Чистая вода
III	1,0 – 2,5	Умеренно грязная вода
IV	2,5 – 4,0	Загрязнённая вода
V	4,0 – 6,0	Грязная вода
VI	6,0 – 10,0	Очень грязная вода
VII	> 10,0	Чрезвычайно грязная вода

Источники антропогенного воздействия. В последние десятилетия возросло антропогенное воздействие на Угличское водохранилище. Выделяют следующие пути поступления веществ в водоёмы: с атмосферными осадками; с промышленными и коммунальными стоками населённых пунктов; с сельскохозяйственными стоками [11].

Состав и концентрация загрязнений в атмосферных осадках зависят от индустриальной освоенности территории. Среднее содержание биогенов (в мг/л) в атмосферных осадках составляет: углерода органического – 4,5, азота органического – 0,4, азота аммонийного – 1,25, фосфора – 0,106 [11, 12, 13]. Антропогенный пресс на водохранилище ощущается за счет интенсивного сельскохозяйственного и промышленного производства на водосборе. Важно отметить, что существенное воздействие на Угличское водохранилище оказывает сток из вышерасположенного Ивановского водохранилища. В пределах его водоохраной зоны расположен 21 выпуск сточных вод. Предприятия г. Твери и г. Конаково сбрасывают в Волгу ежегодно около 250 млн. м³ сточных вод [4, 5, 8]. Загрязненные воды через Ивановскую плотину поступают в Угличское водохранилище.

По исследованиям Института водных проблем РАН [4, 5], в водоохранной зоне Угличского водохранилища расположено 12 предприятий, имеющих локальные очистные сооружения, 5 водозаборов и 6 городских очистных сооружений, 39 промышленных предприятий и 21 сельхозпредприятие, 38 баз отдыха и 12 мест зелёных стоянок. Общий объём сточных вод составляет около 20 млн. м³/год.

Хозяйственно – бытовые, промышленные и ливневые сточные воды различной степени очистки – основная причина загрязнения водохранилищ. Со сточными водами в водохранилище поступают сульфаты, хлориды, соединения фосфора, азота, тяжелых металлов, нефтепродуктов, ПАВ и другие вещества.

Анализ данных и обсуждение проблемы. Воды Угличского водохранилища относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, второму типу минерализации.

На физико-химические характеристики воды водохранилища большое влияние оказывает приток речных вод (р. Волги, р. Медведицы, р. Кашинки, р. Нерли), вертикальное перемешивание и биологические факторы [8]. Биогенная трансформация протекает под влиянием бактериальных процессов, которые приводят к разрушению органических веществ, в процессе жизнедеятельности организмов, фотосинтеза и разложения растительных остатков. В результате существенно меняется качество воды.

Временная и пространственная динамика. Проведен анализ временной и пространственной динамики распределения загрязняющих веществ на основе осреднённых годовых данных за последние пять лет.

Воды Угличского водохранилища насыщены кислородом. Его содержание в 2016–2020 гг. изменялось в пределах 9,5–10,5 мг/л. Насыщенность вод кислородом в течение всего времени наблюдений превышала 80%. Содержание двуокиси углерода в воде водохранилища существенно изменялось по годам. Больше всего CO_2 содержалось в воде в 2019 г. (7,5 мг/л), меньше всего – в 2020 г. (3,68 мг/л).

Параметры биологического и химического потребления кислорода являются важными индикаторами загрязнения воды. БПК₅ показывает количество кислорода, идущее на окисление органического вещества, за счет деятельности микроорганизмов.

Анализ гидрохимических данных показал, что за последние годы БПК₅ водной массы водохранилища изменялось в пределах от 1,42 до 3,51 мг/л. Пространственный отбор проб воды от верховьев водоема к плотине свидетельствует о неоднократных превышениях ПДК во всех гидрохимических створах (рис. 1).

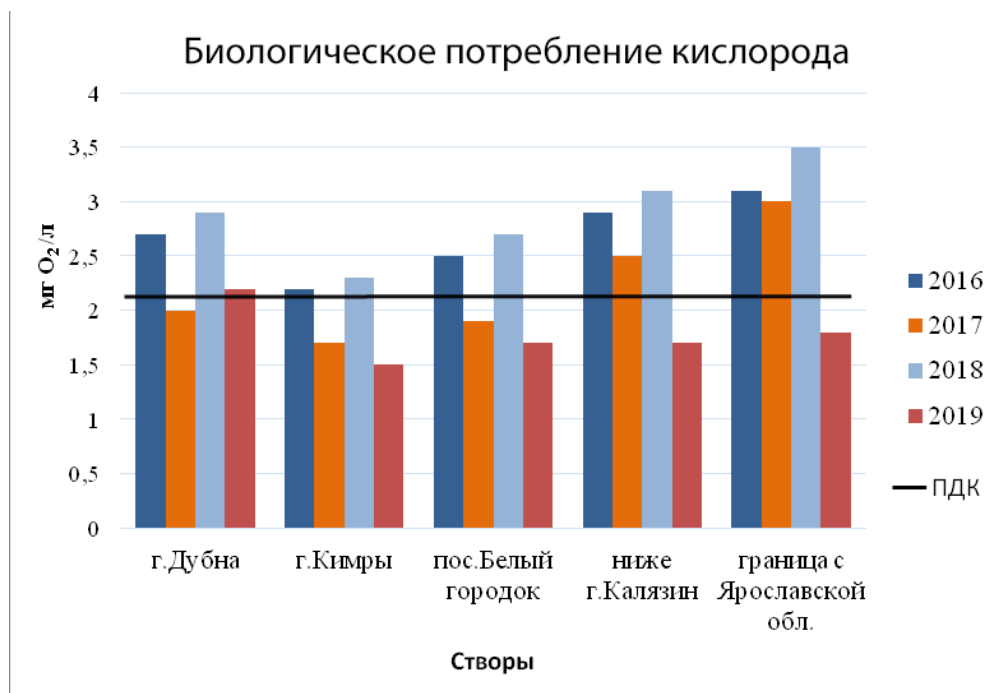


Рис. 1. Изменение среднегодового показателя БПК₅ воды Угличского водохранилища

Максимальное превышение предельно-допустимой концентрации, установленной для рыбохозяйственных водоемов,

среднегодовым показателем БПК₅ составило 1,6 ПДК. В целом за период наблюдений воды Угличского водохранилища по величине БПК₅ могут быть отнесены к слабозагрязненным

ХПК представляет собой меру содержания органических и неорганических веществ в пробе воды, определяемую как количество кислорода, расходуемого на химические реакции окисления под воздействием сильного окислителя. Этот показатель используют для характеристики экологического состояния водных объектов в местах поступления бытовых и промышленных сточных вод. ПДК химического потребления кислорода для водоемов питьевого водоснабжения составляет 15 мгО/л, для рекреационных и рыбохозяйственных водоемов этот норматив не должен превышать 30 мгО/л.

Наблюдения показали, что химическое потребление кислорода в течение 2016–2020 гг. превышало ПДК для питьевого водоснабжения в 2–3 раза и в 1,1 – 1,4 раза для водных объектов рыбохозяйственного использования. Прослеживается тенденция увеличения этого показателя от верхней части водохранилища к плотине (г. Дубна – 23 – 38 мгО/л; ниже г. Кимры – 28 – 39 мгО/л; Белый Городок – 28 – 41 мгО/л; Калязин – 24 – 45 мгО/л; Селище – 26 – 45 мгО/л). Следовательно, по этому показателю с позиции питьевого водоснабжения водоем можно отнести к грязным и очень грязным.

Следует отметить, что среднегодовые концентрации в воде аммонийного, нитратного, нитритного азота и фосфатов не превышали ПДК. В водах Угличского водохранилища содержится небольшое количество нитритов, которое в течение рассматриваемого периода изменялось незначительно. Максимальные концентрации нитритов наблюдались в 2019 г. (0,013 мг/л), минимальные – в 2017–2018 гг. (0,009 мг/л). Динамика концентрации нитратов типична для водоёмов Верхней Волги. Больше всего нитратов содержалось в воде в 2019 г. (0,557 мг/л), меньше всего – в 2016 г. (0,367 мг/л).

Содержание фосфатов в течение 2016–2020 гг. изменялось незначительно, чёткой динамики выявить не удалось: минимальная концентрация наблюдалась в 2020г. -0,019 мг/л, максимальная в 2016 г. – 0,038 мг/л.

В водах Угличского водохранилища обнаружены различные тяжелые металлы, их источниками являются сточные воды промышленных предприятий, аэрозольные выбросы, смыв поверхностных слоев почв и сезонный приток грунтовых вод.

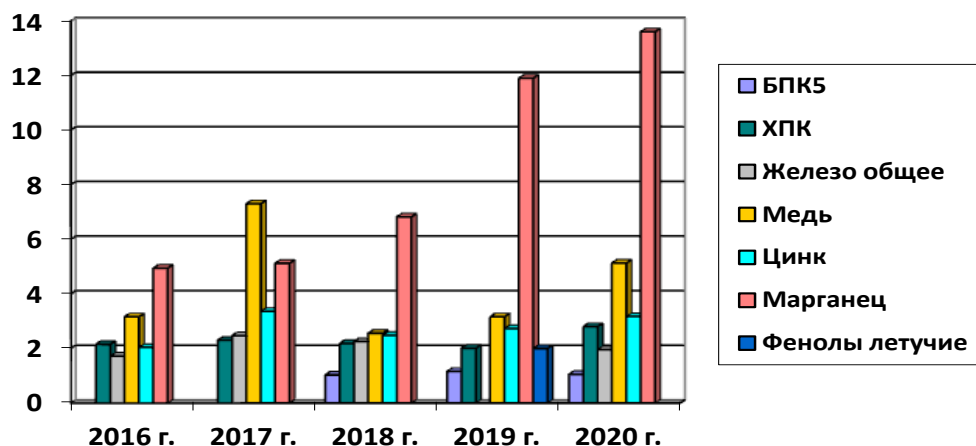


Рис. 2. Кратность превышения ПДК по отдельным гидрохимическим показателям воды Угличского водохранилища (г. Калязин)

По результатам обследования Угличского водохранилища в 2016–2020 гг. можно сделать следующие выводы о пространственной и временной динамике концентраций тяжелых металлов.

Так, в течение всего периода наблюдений (за исключением 2019 г.) концентрации общего железа в воде водного объекта превышали норматив (рис.2), установленный для рыбохозяйственных водоёмов (в 2017 и 2018 гг. более чем в 2 раза). Известно, что железо в основном вымывается из почв и грунтов подземными и поверхностными водами и поэтому его содержание в реках и озерах в течение года закономерно носит сезонный характер. При этом максимумы концентрации, наблюдающиеся в зимний период и в летнюю межень, совпадают с максимальным притоком ожелезненных подземных вод. Пространственный анализ гидрохимических показателей свидетельствует о тенденции уменьшения концентрации растворенного железа в воде приплотинной части водоема.

Воды Угличского водохранилища обогащены марганцем. Анализ показал, что содержание марганца в воде за период исследований стабильно выше (в 4 раза) $\text{ПДК}_{\text{рыбохоз}}$. В последние два года наблюдается превышение ПДК более чем в 11 раз.

Высокие концентрации железа общего и марганца объясняются природными причинами: притоком насыщенных железом и марганцем грунтовых вод и стоком поверхностных вод с заболоченной водосборной территории.

Воды Угличского водохранилища содержат значительное количество меди. Порог действия меди на водные организмы [5, 6] составляет 1,5 мкг/л.

Среднегодовые концентрации Cu в воде водоема стабильно выше предельно допустимых концентраций. За период наблюдений 2016–2020гг. содержание меди постоянно превышало ПДК более чем в 2,5 раза (максимальное превышение зарегистрировано в 2017 г. – в 7,3 раза).

Концентрация цинка за всё время наблюдений превышала ПДК более чем в 2 раза. Наибольшее превышение установленной нормы зафиксировано в 2017 г. и 2020г. (в 3,36 раза). Загрязненность вод соединениями цинка обычно носит сезонный характер. Учитывая, что рост концентраций ионов цинка в поверхностных водах наблюдался практически по всему водоему, можно предположить, что загрязнение происходит в результате природно-техногенных процессов и явлений.

В течение всего периода исследования среднегодовое содержание в воде Угличского водохранилища никеля, хрома и свинца не превышало установленную величину ПДК.

Органические загрязняющие вещества, поступающие в водоём (летучие фенолы, нефтепродукты и др.) нарушают кислородный режим водной массы, дестабилизируют экологические условия жизни в гидробиоценозах.

Фенол и фенольные соединения появляются в природных водах в результате естественных процессов метаболизма, при биохимическом распаде и трансформации органических веществ в экосистемах в результате обменных процессов при участии высших растений и других водных организмов в толще водной массы. "Летучие фенолы" – это группа моногидроксипроизводных бензола, включающая в себя ряд соединений, перегоняющихся с водяным паром.

ПДК фенолов для рыбохозяйственных и питьевых водоемов установлен на уровне 0,001 мг/л. Содержание летучих фенолов в водном растворе за период наблюдений в 2016–2020 гг. равно или превышает предельно допустимую концентрацию (в 2 раза). Фенолы ухудшают санитарное состояние водоемов, его газовый режим, обладают токсическим эффектом, ведут к затруднению дыхания и двигательной активности рыб. Важно отметить, что процесс самоочищения водоемов от фенола протекает очень медленно.

Анализ данных показал, что содержание нефтепродуктов в изучаемом водохранилище имеет тенденцию к снижению в течение всего исследуемого периода. Максимальная концентрация отмечена в 2016 г. (0,02 мг/л), минимальная – в 2018 г. и 2020 г. (0,009 мг/л). Превышение ПДК не зафиксировано.

Таблица 2

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) Угличского водохранилища (2016-2020 гг.)

Год	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
Значение ИЗВ	2,67	3,25	2,62	3,59	4,39
Класс качества воды	IV	IV	IV	IV	V

Рассчитанный индекс загрязнения (ИЗВ) Угличского водохранилища (табл.2) свидетельствует о неблагоприятном состоянии вод водоёма в течение рассматриваемого периода. Воды водохранилища можно отнести в 2016-2019 гг. по среднегодовым показателям к классу «загрязнённые» и в 2020 г. – к классу «грязные».

Выводы. Поступление бытовых и промышленных сточных вод, увеличивающаяся рекреационная нагрузка ведет к существенному загрязнению Угличского водохранилища.

Анализ показал, что в 2016–2020 гг. наблюдались превышения ПДК_{рыб-хоз.} по биологическому и химическому потреблению кислорода, ряду тяжелых металлов (железу, марганцу, цинку, меди), летучим фенолам. В этот период значения БПК₅ несколько превышали ПДК. Химическое потребление кислорода в течение 2016–2020 гг. превышало ПДК для питьевого водоснабжения в 2 – 3 раза с тенденцией увеличения этого показателя от верхней части водохранилища к плотине.

Высокие концентрации железа общего и марганца в водоеме соответствуют высоким значениям содержания этих элементов в природных водах региона. Динамика этих показателей закономерно носит сезонный характер. Наиболее высокие концентрации марганца и железа на верхнем участке водохранилища связаны с большим притоком грунтовых вод. Концентрации общего железа в воде водного объекта в последние годы превышают ПДК, установленную для рыбохозяйственных водоёмов более чем в 2,2 раза. Содержание марганца в воде стабильно и в среднем в 4 раза выше ПДК_{рыбхоз.}

Среднегодовые концентрации Си в воде водоема стабильно выше предельно допустимых концентраций (в 2,5– 7,3 раза). За время наблюдений отмечено превышение ПДК цинка в 2–3 раза. Загрязненность вод соединениями цинка обычно носит сезонный характер.

Содержание летучих фенолов в водном растворе равно или несколько превышает предельно допустимую концентрацию.

Расчитанный индекс загрязнения (ИЗВ) Угличского водохранилища свидетельствует о неблагоприятном состоянии вод водоёма в течение рассматриваемого периода. Воды водохранилища можно отнести в 2016–2020 гг. по среднегодовым показателям к классу «загрязнённые» и «грязные».

Список литературы

1. Абакумов В.А., Бреховских В.Ф. Анализ гидробиологических и гидрохимических показателей качества воды Угличского водохранилища. Водные ресурсы.– 1999 – №6. – С. 726-731.
2. Былинкина А.А., Трифонова Н.А. Гидрохимический режим Угличского водохранилища и факторы его формирования. Фауна и биология пресноводных организмов. – Л., Наука, 1987– 250с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2019 году». – Тверь: МПРИЭ Тверской области. – 2020– 179 с.
4. Дебольский В.К., Григорьева И.Л. и др. Современная гидрохимическая характеристика реки Волга и её водохранилищ // Вода: Химия и экология. – 2010. – №11. – С. 2-12.
5. Дебольский В.К., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б. Изменение химического состава воды в Волге от истока к устью в летнюю межень 2009 года // Охрана окружающей среды и природопользование. – 2011. – № 3– С. 68-73.
6. Зенин А.А. Гидрохимия Волги и её водохранилищ. – Л., Гидрометеиздат, – 1965. –189 с.
7. Лазарева Г.И. Оценка качества вод Угличского водохранилища// Вестник МГОУ. Сер. Естественные науки. – 2016. – № 2– С. 158-164.
8. Лазарева Г.И., Кленова А.В. Оценка качества поверхностных вод по интегральным показателям (на примере Верхневолжского водохранилища) // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №6.
9. Обзор состояния окружающей среды в Тверской области по данным наблюдательной сети Росгидромета в 2020 г. – Тверь: Тверской ЦГМС. – 2020. – 27 с.
10. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: Учеб. Пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. Ун-та, 2006. – 261 с.
11. Тихомиров О.А. Географические проблемы водохранилищ: Учебное пособие/КГУ. – Калинин. 1986. – 58 с.
12. Тихомиров О.А. Проблемы региональной экологии / 2005. – № 2. – С.28-38.
13. Тихомиров О.А. Динамика аквальных комплексов равнинных водохранилищ / Монография. – Тверь – 2008. – 308с.

14. Трифонова Н.А. Гидрохимическая характеристика Угличского водохранилища по материалам 1955-1958гг. //Тр. ИБВВ.–1960. – №4. – с.124-129.

Об авторе:

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии, Тверской государственный университет, г. Тверь, e-mail: tikhomirovoa@mail.ru

ASSESSMENT OF MODERN POLLUTION AND WATER QUALITY OF THE UGLICH RESERVOIR

O.A. Tikhomirov

Tver State University, Tver

The analysis of the concentrations of the main pollutants in the water of the Uglich reservoir for the period 2016-2020 has been carried out. The assessment of the current level of pollution of the reservoir is given. The categories of quality of the water mass have been established by the level of pollution

Keywords: *water quality, heavy metals, pollution, reservoir*