

Физическая география и геоэкология

УДК 550.4 + 574

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2026-1-5-13>

Современная динамика гидрохимических показателей Иваньковского водохранилища

О.А. Тихомиров, К.Ю. Охлобыстин

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Приводится анализ современного состояния и динамики гидрохимических показателей Иваньковского водохранилища. Дана оценка концентраций основных загрязняющих веществ в воде реки Волги за 2020–2024 гг.

Ключевые слова: гидрохимия, загрязнение, динамика, качество воды, Иваньковское водохранилище.

Постановка проблемы. Поверхностные воды водосборного бассейна Иваньковского водохранилища формируются в пределах ландшафтов кислой южной тайги и смешанных хвойно-мелколиственных лесов. В этих условиях в природных комплексах кислого глеевого класса, типоморфными элементами по классификации А.И. Перельмана [7] являются водород (H^+) и железо (Fe^{2+}), оказывающие существенное влияние на свойства воды, миграцию, многолетнюю и сезонную динамику химических элементов.

Территория водосбора Иваньковского водохранилища находится под значительной антропогенной нагрузкой городов и промышленности, основу которой составляют машиностроительные, химические, пищевые, целлюлозно-бумажные, деревообрабатывающие и др. предприятия, сбрасывающие сточные воды в Волгу и её притоки.

Основной функцией Иваньковского водохранилища является снабжение населения и хозяйства Московского региона и Тверской области. В этой связи актуальной научной задачей является исследование современной динамики гидрохимических показателей и уровня загрязнения воды водохранилища.

Методика проведения работ. В ходе работы были проанализированы данные фоновых материалов Тверского Центра Гидрометеослужбы [4,6] за период с 2020 по 2024 гг.

Тихомиров О.А.,
Охлобыстин К.Ю., 2026

Основными пунктами мониторинга гидрохимических показателей являются: гидропосты в районе г.Твери – 1) выше моста окружной дороги; 2) в 15 км ниже впадения р. Тверцы и 3) в районе г. Конаково (в 0,5 км ниже впадения р. Донховки).

В ходе исследования гидрохимический анализ включал следующие показатели: растворенный кислород, БПК₅, железо, медь, цинк, свинец, а также цветность и рН воды.

Результаты исследования. По классификации О.А.Алекина [1], воды Иваньковского водохранилища пресные, гидрокарбонатно-кальциевые, кислотность которых находится в пределах от рН =7,7 до 8,2.

Природные условия региона способствуют хорошему водообмену и высокому содержанию в воде кислорода (рис. 1). Колебания среднегодовых и максимальных концентраций растворенного кислорода в течение года за период с 2020 по 2024гг. составляют от 9 до 16 мг/дм³.

В условиях активного заболачивания и смыва органических веществ с водосбора для водохранилища характерно значительное содержание органического вещества с цветностью воды 66 - 103 град. по платиново-кобальтовой шкале.

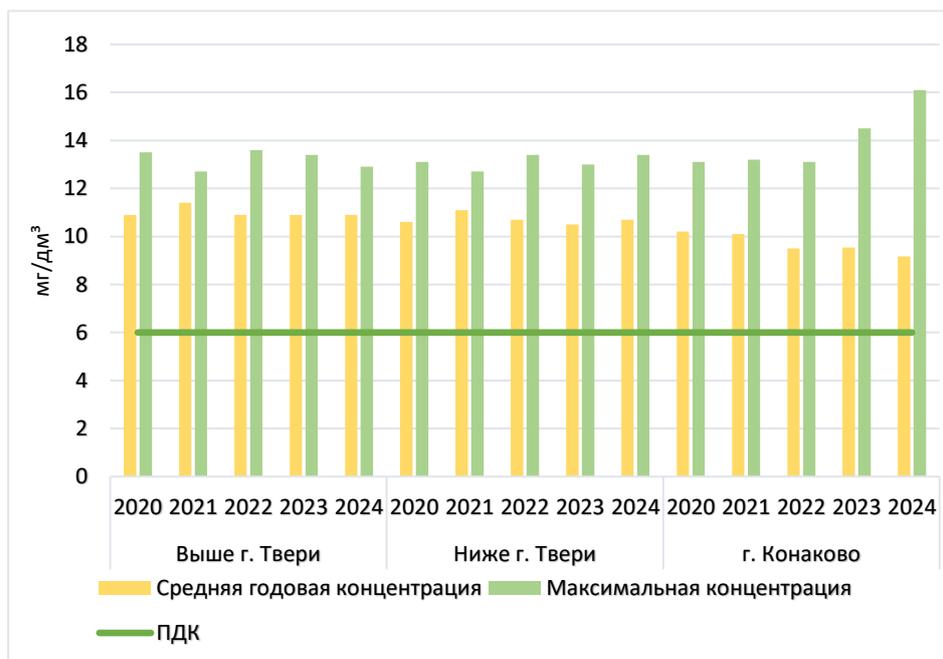


Рис. 1. Изменение содержания растворенного кислорода в воде Иваньковского водохранилища

БПК₅ является важным показателем, который отражает количество кислорода необходимого для биохимического разложения

органических веществ микроорганизмами в водной среде. Чем выше уровень БПК₅, тем больше органических веществ присутствует в воде и значительнее её загрязненность.

Многолетние среднегодовые показатели БПК₅ в водах Иваньковского водохранилища в период наблюдений изменялись в пределах от 1,6 до 3,25 мг/дм³. В пункте мониторинга выше г. Твери высоких показателей не отмечено, ниже города прослеживается ежегодное превышение допустимых нормативов, с достижением максимума в районе г.Конаково (7 ПДК). Причиной значительных показателей БПК₅ может быть неполноценная работа очистных сооружений. Так, в Твери и Конаковском округе зафиксированы факты сброса сточных вод хозяйственно-бытовой канализации в бассейн р.Волги с территории частных домовладений в придорожные канавы. По данным Роспотребнадзора [3,4], очистные сооружения г.Конаково и Безбородовского государственного опытного охотничьего хозяйства не обеспечивают полноценной очистки сточных вод, сбрасываемых в водохранилище. Как показали наблюдения, в Конаковском округе результаты исследований воды водохранилища и реки Донховки в исследуемый период не соответствовали требованиям СанПиН 1.2.3685-21 по показателям БПК₅, соединений азота, фосфора и др. [5,8,9].

Индикатором потенциального загрязнения водоёмов может служить содержание нитритов. Источником нитритов являются сбросы сточных вод, применение удобрений разложение водной растительности и др. Нитриты оказывают негативное воздействие на гидробионты, способствуют эвтрофикации, вызывая активное развитие водорослей и понижение содержания кислорода в воде.

Для Иваньковского водохранилища характерен относительно низкий и стабильный уровень содержания нитритов (см. рис.2). Отдельные всплески концентрации нитритов, достигающие 0,1 мг/дм³ (4,5 ПДК), связаны с промышленными и сельскохозяйственными сбросами сточных вод в районе г.Твери. При этом прослеживается устойчивая корреляционная связь между показателями БПК₅ и концентрацией нитритов в воде ($r = + 0,6$). При увеличении концентрации нитритов в воде наблюдается постепенный рост показателей БПК₅.

Железо играет важную роль в гидрохимических процессах в водоеме, оно снижает содержание в воде растворённого кислорода, способствует усилению процессов эвтрофикации.

Как показали исследования во всех пунктах мониторинга Иваньковского водохранилища систематически превышались ПДК как по среднегодовой, так и по максимальной концентрации общего железа (см. рис.3). Установлена выраженная закономерность нарастания содержания растворенного железа в воде вниз по течению, с максимумом в районе г. Конаково в 2024 г. (3,9 ПДК).

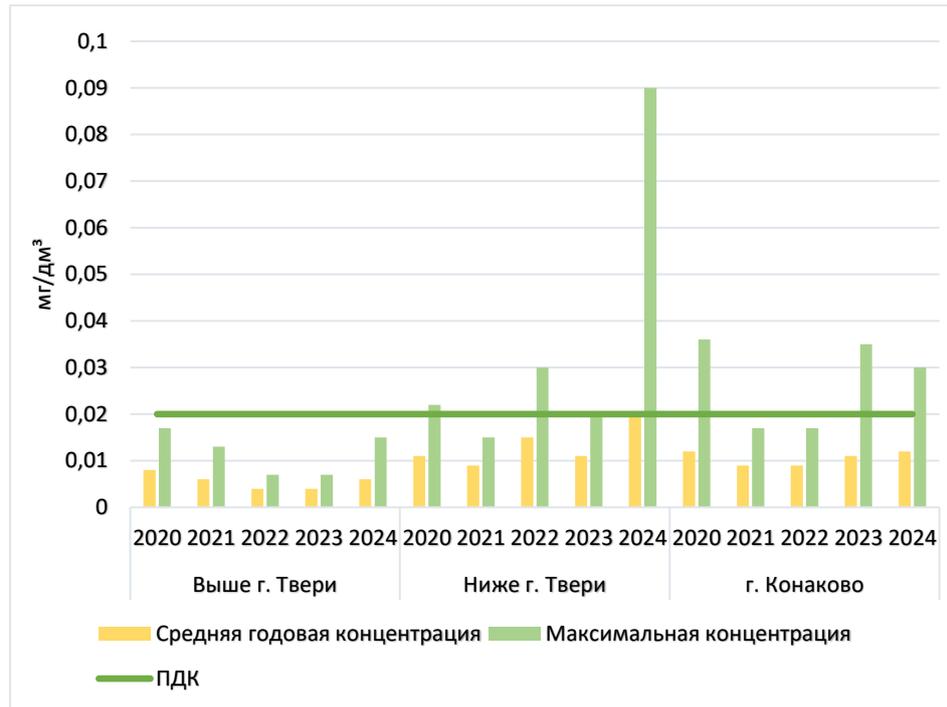


Рис. 2. Изменение содержания нитритов в воде
Иваньковского водохранилища

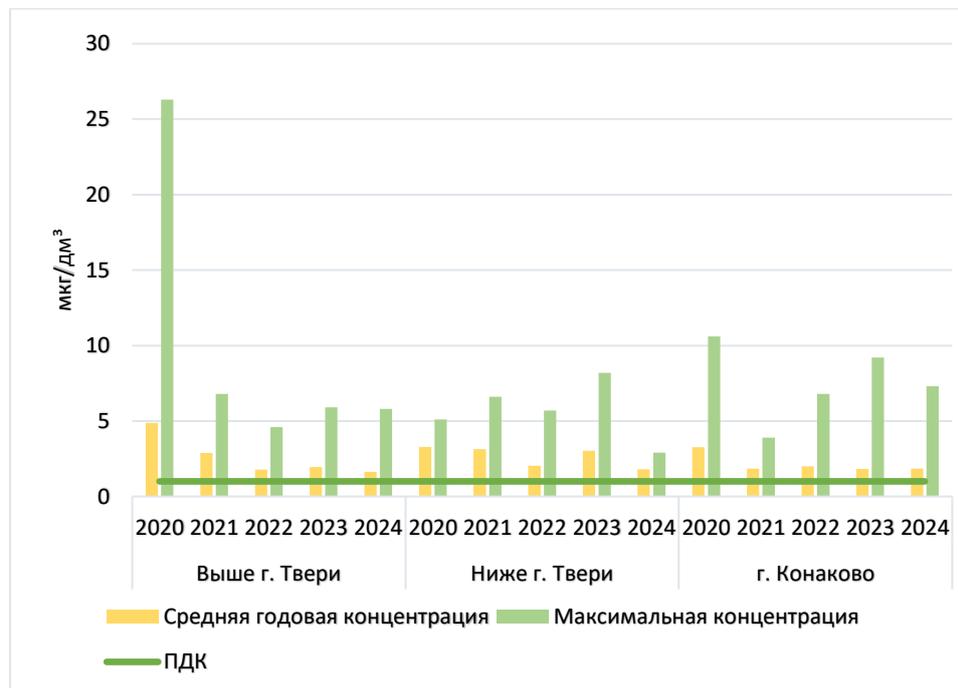


Рис. 3. Изменение содержания меди в воде

Особую значимость с экологической точки зрения представляет тот факт, что при высокой концентрации железа наблюдается существенное снижение содержания растворенного кислорода, что негативно влияет на гидробиологический режим водоема и жизнедеятельность биоты.

Марганец является важным макроэлементом, который, как и железо, отличается высоким содержанием в воде водоемов Тверского региона. Так, в верхней части Иваньковского водохранилища максимальные разовые концентрации марганца достигали в период наблюдений 15 ПДК, а в районе г. Конаково в 2024 г. – 30 – 40 ПДК.

Максимальные показатели концентраций марганца и железа в воде Иваньковского водохранилища во многом связаны с периодическим усилением стока поверхностных и грунтовых вод, насыщенных железом и марганцево-органическими комплексами. Повышение их концентраций в зимний период объясняется обогащением в условиях дефицита кислорода кислых растворов металлами за счет перехода элементов из донных отложений в воду. Колебания содержания марганца и железа может быть связано также с климатическими условиями, прежде всего, с разбавлением воды в случае большого количества осадков в течение года [2, 10].

Высокая концентрация меди снижает качество воды, может быть токсична для водных организмов, включая рыб, моллюсков и др. беспозвоночных.

Основными причинами высокого содержания меди в воде Верхневолжья являются сбросы сточных вод промышленными предприятиями, их недостаточно эффективная очистка, смыв с поверхности почв в результате эрозийных процессов, использование медьсодержащих пестицидов в сельском хозяйстве.

Рост содержания соединений меди в воде водохранилища (26 мкг/дм³), по данным Росгидромета, вероятно, связан с обработкой лесных насаждений и сельскохозяйственных культур медьсодержащими пестицидами и агрохимикатами, их смыванием с обрабатываемых территорий и переносом в реки с поверхностным стоком [2].

Кроме того, превышение предельно допустимых концентраций меди (см. рис.3) в воде может происходить по причинам, связанным со сбросом сточных вод промышленными предприятиями, недостаточно эффективной очисткой воды, эрозией почвы, поступлением меди из сельскохозяйственных источников [2].

В компонентах ландшафта и природных водах (20–30 мкг/дм³) медь обычно содержится в незначительных концентрациях. Поэтому основным фактором и источником меди в водоемах являются антропогенные стоки.

В годовой динамике показателей концентрации меди определенную роль играют естественные процессы. Так в зимнее время возможно накопление меди за счет притока подземных вод. В летний период концентрация меди может падать в результате её поглощения гидробионтами и за счет осаждения взвешенных веществ, адсорбирующих ионы меди и переходящих в донные отложения [11].

Избыток цинка в воде может привести к изменению химических процессов в экосистеме, нарушению баланса между отдельными элементами и ухудшению качества воды.

В пункте наблюдения выше г. Твери среднегодовая концентрация цинка (рис.4) показывает значительные колебания, с пиком в 2020 г. (2,9 ПДК) Максимальные концентрации также достигают значительных величин, превышающих 5 ПДК. В последующие годы его содержание постепенно снижалось и к 2024 г. среднегодовая и максимальная показатели составили 1,8 и 2,7 ПДК соответственно (рис.4).

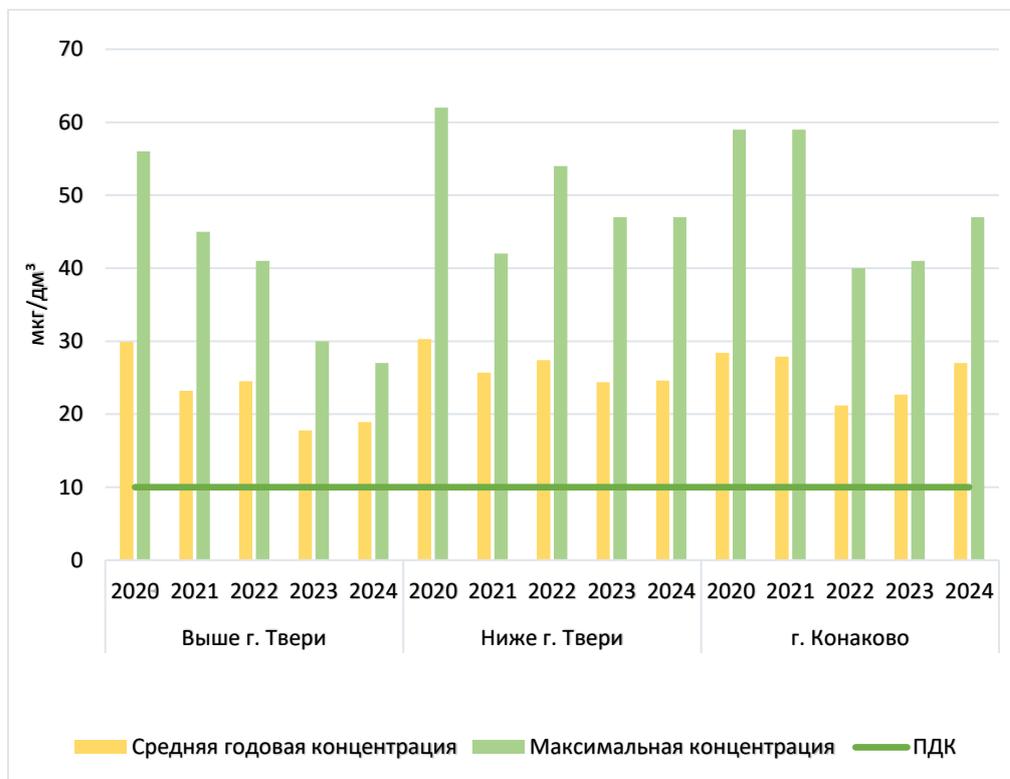


Рис. 4. Изменение содержания цинка в воде Иваньковского водохранилища

В пункте мониторинга ниже Твери среднегодовая концентрация цинка остается в пределах от 24 до 30 мг/дм³, что превышает ПДК.

Максимальная концентрация также превышает предельно допустимые концентрации с пиком в 2020 г. (6,2 ПДК).

Динамика содержания цинка в воде Иваньковского водохранилища определяется как антропогенными, так и естественными процессами. В ландшафтах водосбора цинк мигрирует в форме ассоциатов карбонатных и гидрокарбонных соединений. Его миграции в водохранилище способствует присутствие в растворе CO_2 и рост показателя рН. Чем выше рН, тем выше концентрация карбонатов и гидрокарбонатов и тем значительнее переход цинка в раствор [11].

Растворимость CO_2 в воде уменьшается с повышением температуры в теплый период года. Растворённая углекислота вступает в реакцию с поступающим с водосбора цинком, образуя нерастворимый в воде оксид цинка (ZnO), который в результате переходит в осадок. Следовательно, летом уменьшение содержания CO_2 в воде может приводить к увеличению концентрации растворенного цинка в водоеме.

Изменения содержания свинца в воде Иваньковского водохранилища показывает характерные колебания как среднегодовых, так и максимальных концентраций.

В пункте наблюдения как выше, так и ниже г. Твери наблюдаются заметные изменения среднегодового содержания свинца. В 2020 и 2021 гг. зафиксированы максимальные концентрации (1,2–1,6 ПДК). В 2022–2024 гг. среднегодовая концентрация сохраняется на относительно стабильном уровне.

В пункте наблюдения в районе г. Конаково среднегодовые концентрации свинца остаются на низком уровне, в то время как максимальные разовые значения достигают 6 ПДК.

Важным источником соединений свинца являются сточные воды. В то же время для Иваньковского водохранилища типичны богатые органическим веществом донные отложения и затопленные почвы [8,9], в поровых водах которых содержатся металлы и, в частности, свинец. Поэтому затопленные почвы и грунтовый комплекс также считаются важным источником свинца. За счет процесса десорбции в воду из донных отложений с высоким содержанием органических веществ может поступать свинец [10].

Заключение. Анализ качества воды Иваньковского водохранилища выявил проблемы, связанные с динамикой ряда гидрохимических показателей (БПК₅, железо, медь, цинк, марганец) и загрязнением водной среды. Воды водохранилища в период с 2020 по 2024 годы относятся к уровню «загрязненных». При этом систематически наблюдаются высокие естественные концентрации железа и марганца.

Исследованиями установлена выраженная многолетняя закономерность нарастания концентрации тяжелых металлов в воде водохранилища вниз по течению.

В условиях Верхневолжья некоторые металлы образуют высокомолекулярные соединения с гуминовыми и фульвокислотами, образуя гуматы и фульваты, обогащающие воды водохранилища. Этот процесс можно оценить, как позитивный с экологической точки зрения, т.к., образованные сложные органоминеральные вещества, как и переход в нерастворимые формы, снижают токсические свойства металлов по сравнению с их элементарными формами.

Некоторые естественные процессы также могут регулировать содержание металлов в воде. При подкислении водной среды и недостатке кислорода может происходить накопление металлов, связанное с их переходом из донных отложений и затопленных почв в воду.

На основании анализа полученных материалов можно сделать вывод о существенном накоплении тяжелых металлов в водной среде Иваньковского водохранилища. Аномальные концентрации металлов связаны, прежде всего, с техногенными источниками. С этой точки зрения, исследованные участки водохранилища, входящие в зону влияния г.Твери (Волжский плес) и г.Конаково (Иваньковский плес), могут быть отнесены к экологически неблагополучным.

Список литературы

1. Алёкин О.А., Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., 1973.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте. СПб.: ПИЯФ РАН, 2008. 216 с.
3. В регионе. Достроят ли очистные в Конаково? 19.12.2024г. [Электронный ресурс]. URL: <https://tver24.com/2024/12/dostroyat-li-ochistnye-v-konakovo/>.
4. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Тверской области в 2024 г. 30 мая 2025 г. [Электронный ресурс]. URL: https://69.rosпотреbnadzor.ru/documents/regional/gos_doklady/?ysclid=mm2i0esxl4590145830/.
5. Григорьева И.Л., Комиссаров А. Б. Сравнительная гидрохимическая оценка современного состояния некоторых водных объектов Верхней Волги. // Водные ресурсы. 2014. № 3. С. 269–283.
6. Обзор состояния окружающей среды в Тверской области по данным наблюдательной сети Росгидромета в 2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tvermeteo.ru/labor/2021-year.pdf>.
7. Перельман А.Н., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М., 1999. С. 763.
8. Тихомиров О.А. Анализ влияния г.Твери на химический состав воды реки Волги // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2024. №1 (45). С. 5–12.

9. Тихомиров О.А., Бочаров А.В. Региональный ретроспективный анализ воды и донных отложений Верхней Волги // Водные ресурсы. 2022. Т.49. №3. С. 325–332.
10. Шепелева Е.Л. Эколого-геохимические исследования поведения тяжелых металлов в водных и наземных экосистемах Иваньковского водохранилища. Автореф. дис... канд. геогр. наук. М., 2004.
11. Шилова Н.А. Влияние Т.М. на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления. Автореф. дис... канд. биол. Наук. Саратов. 2014.

Об авторах:

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь, Прошина, д. 3, корп. 2, e-mail: tikhomirovoa@mail.ru), ORCID: 0000-0002-6564-2077, SPIN-код: 2586-8054.

ОХЛОБЫСТИН Кирилл Юрьевич – аспирант кафедры физической географии и экологии. Тверской государственный университет (170021, г.Тверь, Прошина, д. 3, корп. 2, e-mail:maksimchurkistyle@mail.ru), ORCID: 0009-0008-2834-619X, SPIN-код: 9402-1391.

Modern dynamics of hydrochemical indicators of Ivancovski reservoir

O.A. Tikhomirov, K.Yu. Okhlobystin

Tver State University, Tver

The analysis of the current state and dynamics of hydrochemical indicators of the Ivankovsky reservoir is given. The assessment of the concentrations of the main pollutants in the water of the Volga River for 2020-2024 is given.

Keywords: *hydrochemistry, pollution, dynamics, water quality, Ivankovo Reservoir*

Рукопись поступила в редакцию 20.12.2025

Рукопись принята к печати 25.12.2025