

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 556.5

СОВРЕМЕННОЕ КАЧЕСТВО ВОД ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ, ЛИМИТИРУЮЩИМ РАЗВИТИЕ ГИДРОБИОНТОВ

© 2026 г. Д. В. Горячев¹, А. И. Никитенко^{1,*}, А. В. Здрок¹, И. А. Жернаков¹, М. Г. Петрова¹

¹Филиал по пресноводному рыбному хозяйству Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИИПРХ), Рыбное, Россия

*e-mail: alexey_nikitenko90@mail.ru

Поступила в редакцию 01.04.2025 г.

После доработки 18.11.2025 г.

Принята к публикации 23.12.2025 г.

Проведена комплексная оценка экологического состояния Иваньковского водохранилища за период с 2017 по 2022 г. с акцентом на анализ гидрохимических параметров, лимитирующих развитие гидробионтов. Исследование охватило следующие показатели качества воды: растворенный кислород, рН, аммонийный азот, нитриты, нитраты, фосфаты, БПК₅ и общее железо. Отбор проб проводили на 18 станциях, распределенных по четырем плесам водохранилища (Шошинский, Верхневолжский, Средневолжский, Нижневолжский), с использованием стандартизированных методов. Результаты выявили сезонную динамику кислородного режима: дефицит O₂ в придонных слоях летом (до 1.15 мг/дм³) связан с термической стратификацией и разложением органики. Превышения ПДК зафиксированы по аммонийному азоту (до 1.5 × ПДК), нитритам (до 4.7 × ПДК), БПК₅ (до 2 × ПДК) и железу (до 7.7 × ПДК). Наибольшее загрязнение характерно для нижнего района Шошинского плеса, что обусловлено эвтрофикацией и низкой проточностью. Средние значения индекса загрязненности воды соответствуют 3 классу качества (“умеренно загрязненные”). Установлено, что ключевыми факторами загрязнения остаются сбросы Конаковской ГРЭС, сельскохозяйственные стоки и рекреационная нагрузка. Несмотря на запрет промышленного рыболовства (с 2007 г.), улучшения качества воды не наблюдается. Полученные данные могут быть использованы для разработки стратегий управления водными ресурсами и восстановления экологического баланса водохранилища.

Ключевые слова: Иваньковское водохранилище, гидрохимические показатели, качество воды, растворенный кислород, азот аммонийный, нитрит-ионы, нитрат-ионы, фосфат-ионы

DOI: 10.7868/S2658697526020113

ВВЕДЕНИЕ

Начало XXI в. характеризуется возрастанием роли природных вод в жизни общества в условиях обостряющегося экологического кризиса. Преодоление кризиса или минимизация его негативных последствий возможны лишь при изменении отношения людей к водным богатствам и, в особенности, к ресурсам пресных вод.

Иваньковское водохранилище — водохранилище долинного типа на р. Волге, второе в ее течении после Верхневолжского водохранилища (Бурдин, 2011). Оно образовано в 1937 г. и играет ключевую роль в обеспечении питьевой водой Москвы, в орошении, судоходстве и энергетике,

до 2007 г. осваивалось рыбным промыслом (Горячев и др., 2023). С июля 2007 г. на водоемах Тверской области промышленная добыча водных биоресурсов запрещена Государственным комитетом Российской Федерации по рыболовству в целях сохранения и рационального использования ихтиофауны, улучшения состояния гидрологических и гидрохимических параметров рек, озер, водохранилищ. Несмотря на это, ожидаемого роста рыбных запасов не произошло. Наоборот, наблюдается их дальнейшее уменьшение и по сравнению с 1980-ми и 1990-ми годами общее количество рыбы сократилось почти на 1000 т (Горячев и др., 2021, 2024; Никитенко

и др., 2023). В этой связи вызывает интерес оценка современного качества воды Ивановского водохранилища после закрытия промысла.

В последние десятилетия зафиксировано изменение климатических условий и антропогенного воздействия на водные экосистемы, что может оказывать существенное влияние на гидрохимический режим водохранилищ (Григорьева, 2009; Григорьева, Чекмарева, 2013; Кирпичев, Григорьева, 2018; Лебедев и др., 2007).

Как отмечает Г.Ю. Толкачев (2014), гидрохимические изменения в водохранилищах могут привести к эвтрофикации, ухудшению качества воды и нарушению биологического равновесия. В ряде исследований, проведенных в последние годы, были выявлены тенденции изменения гидрохимических параметров Ивановского водохранилища. Так, Е.А. Чекмарева (2020) зафиксировала увеличение концентрации фосфатов, нитратов и хлоридов в малых притоках, что может свидетельствовать об усилении процессов эвтрофикации. М.Г. Гречушникова с соавторами (2023) провели анализ динамики содержания тяжелых металлов в донных отложениях и отметили их постепенное накопление. Также выполнены работы по содержанию метана, влиянию сточных вод и рекреационного водопользования на качество воды в прибрежной зоне водохранилища (Гречушникова и др., 2023; Григорьева, Чекмарева, 2013; Кирпичев, Григорьева, 2018; Туманова, 2020).

Несмотря на проведенные исследования, гидрохимические изменения в Ивановском водохранилище за последнее десятилетие остаются недостаточно изученными. Например, исследование М.Г. Гречушниковой с соавторами (2023) было выполнено лишь в летний период (август) 2020–2021 гг. И.В. Роговая и соавторы (2008) проводили свои работы только в районе г. Дубна. И.Л. Григорьева и В.В. Кузовлев (2020) исследовали два параметра — нитратный азот и минеральный фосфор.

Цель настоящего исследования — оценка качества воды Ивановского водохранилища в период с 2017 по 2022 г. на основе анализа гидрохимических и гидрологических параметров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ивановское водохранилище характеризуется значительной площадью водного зеркала, достигающей 327 км², при общем объеме водной массы 1.12 км³. Протяженность береговой линии водохранилища составляет 520 км, что обуславливает высокий коэффициент извилистости,

равный 9.1. Расстояние от Ивановской плотины до Твери составляет 113 км. Максимальная ширина водоема достигает 8 км. Ивановское водохранилище относится к мелководным водоемам: средняя глубина составляет 3.4 м, наибольшая — 19 м (Никаноров, 1975). По ранее полученным данным (Денисов, Мейснер, 1961), почти половина площади водоема (48%) приходилась на участки с глубинами до 2 м. Вместе с тем, водохранилище имело и значительные по площади глубоководные зоны (более 20% площади с глубинами более 5 м). Такое распределение глубин оказывало существенное влияние на гидрологический, гидрохимический и биологический режимы водоема.

Морфометрические характеристики Ивановского водохранилища были уточнены на основе современных официальных данных. В работе использована интерполяционная таблица площадей зеркала¹. За нулевую отметку глубины (0.00 м) принята отметка уровня мертвого объема (УМО), равная 116.90 м по Балтийской системе высот. Нормальный подпорный уровень (НПУ) соответствует отметке 124.00 м.

На основе этих данных были рассчитаны основные зависимости площади зеркала и объема водной массы от глубины. Приведенные в работах Денисова, Мейснера (1961) и Никанорова (1975) значения общей площади (327 км²) и объема (1.12 км³) в целом соответствуют расчетным по современным данным (325.01 км² и 1.163 км³ соответственно при НПУ), что подтверждает репрезентативность как исторических, так и современных оценок.

Анализ батиграфической кривой выявил шесть выраженных ступеней затопления пойменных участков при достижении уровней 117.4, 117.9, 118.4, 119.4, 120.4 и 120.9 м, что существенно для понимания процессов эвтрофикации мелководных зон (19% приходится на участки с глубинами до 2 м).

Ивановское водохранилище неоднородно по своей структуре и разделено на четыре характерных участка — плеса, каждый из которых обладает уникальными морфологическими особенностями, влияющими на экологические и биологические характеристики (Никаноров, 1975). Верхневолжский плес, протянувшийся от Твери до впадения Шошинского плеса, напоминает собой разлившуюся реку. Средневолжский плес берет свое начало от места слияния Шошинского и Верхневолжского плесов и про-

¹ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 31 мая 2019 г. № 125 “Об утверждении правил использования водных ресурсов Ивановского водохранилища на р. Волге”.

стирается до обширного водного пространства в районе устья р. Созь. Нижневолжский (Иваньковский) плес располагается между устьем р. Созь и плотиной. Шошинский плес, представляющий собой затопленную долину р. Шоша, можно считать относительно изолированной частью водохранилища. Морфометрические характеристики Иваньковского водохранилища приведены в табл. 1.

Гидрологические и гидрохимические исследования воды были проведены в весенний (первая декада мая), летний (первая декада июля) и осенний (первая декада сентября) периоды с 2017 по 2022 г. Отбор проб и измерения выполнены на станциях: 1, 1а, 1б — д. Слобода (Верхневолжский плес), 2, 2а, 2б — д. Безбородово (Шошинский плес), 3, 3а, 3б — д. Плоски (Средневолжский плес), 4, 4а, 4б — г. Конаково (Средневолжский плес), 5, 5а, 5б — д. Харлово (Нижневолжский плес), 6, 6а, 6б — г. Дубна (Нижневолжский плес) (рис. 1).

Химический анализ отобранных проб воды проводили с использованием аттестованных методик, которые включали определение следующих показателей: растворенный кислород — ПНД Ф 14.1:2:3.101-97, водородный показатель (рН) — ПНД Ф 14.1:2:3.4.121-97, азот аммонийный — ПНД Ф 14.1:2:3.1-95, нитрит-ионы — ПНД Ф 14.1:2:4.3-95, нитрат-ионы — ПНД Ф 14.1:2:4.4-95, фосфат-ионы — ПНД Ф 14.1:2:4.112-97, БПК₅ — ПНД Ф 14.1:2:3.4.123-97, железо общее ПНД Ф 14.1:2:4.50-96. В качестве оценочных показателей были приняты норма-

тивы для водных объектов рыбохозяйственного значения². Средневегетационные показатели были рассчитаны как усредненные значения параметров, характеризующих состояние водной экосистемы в период активного роста организмов (май—сентябрь в умеренных широтах).

Для характеристики качества воды был использован интегральный показатель — гидрохимический индекс загрязненности вод (ИЗВ), который рассчитывали по формуле (Гусева и др., 2000):

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где n — число показателей, используемых для расчета индекса; C_i — концентрация химического вещества в воде, мг/дм³; ПДК_{*i*} — предельно допустимая концентрация вещества в воде, мг/дм³.

Класс качества воды определяли по результатам расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) (Гусева и др., 2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Водный режим

В течение шестилетнего периода наблюдений на Иваньковском водохранилище наблюдалась значительная межгодовая изменчивость водно-

² Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 “Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения”.

Таблица 1. Морфометрические характеристики Иваньковского водохранилища

Характеристика	Водохранилище	Плес			
		Шошинский	Верхневолжский	Средневолжский	Нижневолжский
Площадь при НПУ, км ²	327	112.5	35.4	38.1	141
Длина, км	113	36	84		27
Наибольшая ширина, км	8.0	5.0	1.5	2.1	8.0
Островность, %	13.5	21.6	6.3		10.8
Глубина средняя, м	3.4	1.7	4.2	5.5	4.0
Глубина максимальная, м	19.0	4.0*	13.5	16.0	19.0
Объем водной массы, км ³	1.12	0.19	0.15	0.21	0.57
Длина береговой линии, км	520	—	—	—	—
Коэффициент извилистости	9.1	10.1	—	—	6.6
Коэффициент водообмена	13.6	—	—	—	—

Примечания: данные из (Денисов, Мейснер, 1961; Никаноров, 1975), откорректированы с учетом более поздних исследований; * — в русле Шоши до 8.0 м.

Составлено по: (Денисов, Мейснер, 1961; Никаноров, 1975).

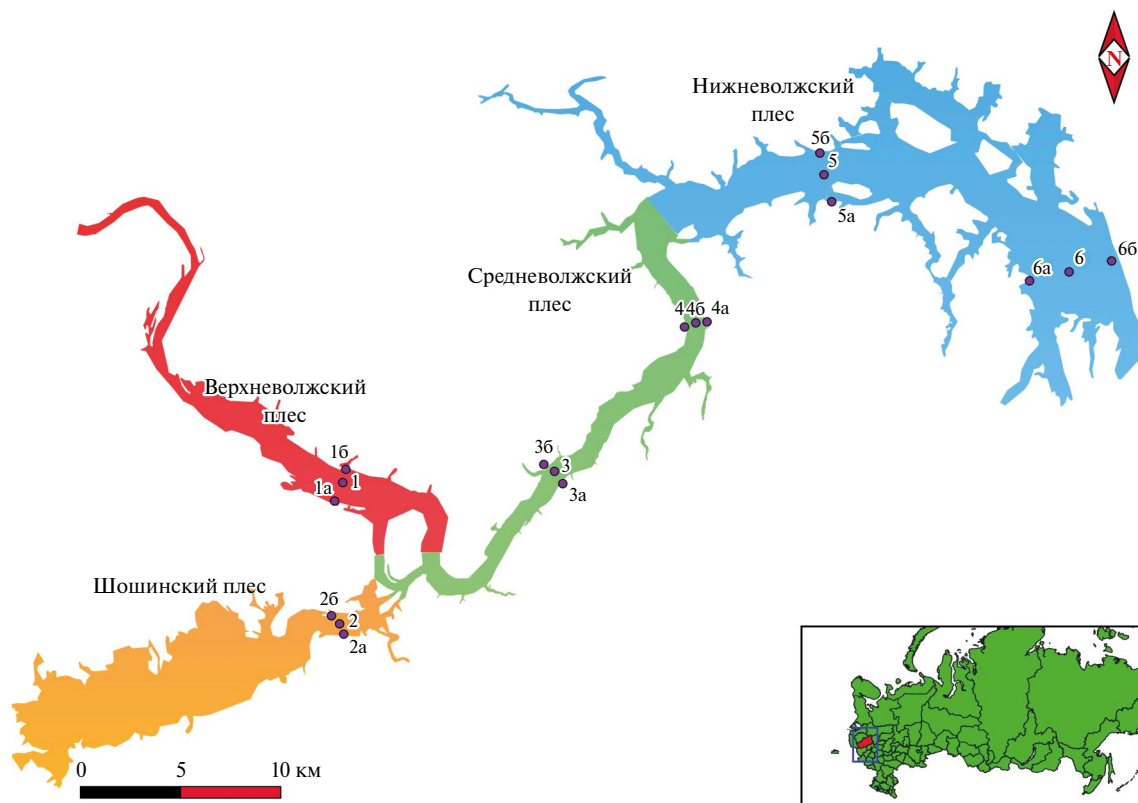


Рис. 1. Картограмма станций отбора проб на Иваньковском водохранилище.

го режима. Наиболее многоводными оказались 2017 и 2020 гг., когда объем притока превышал 11 км^3 (13.27 и 11.42 км^3 соответственно), что значительно выше среднемноголетних значений (Никитенко и др., 2025). В эти периоды отмечалось интенсивное весеннее половодье с быстрым выходом уровня воды на НПУ и его сохранением в течение большей части года.

Напротив, 2019 и 2022 гг. характеризовались выраженной маловодностью с годовым притоком менее 8 км^3 . Особенно критическая ситуация сложилась в 2019 г., когда объем поступления воды составил лишь 7.47 км^3 , а уровень водохранилища большую часть года находился ниже НПУ. Промежуточное положение заняли 2018 и 2021 гг. с умеренно пониженной водностью (8.08 и 9.28 км^3 соответственно).

Характерной особенностью гидрологического режима являлось плавное зимнее снижение уровня с достижением минимальных отметок в марте ($121.17\text{--}122.58 \text{ м}$), за которым следовал весенний подъем. Объем и характер прохождения половодья существенно варьировали: в 2018–2019 гг. наблюдалось затяжное маловодное половодье, тогда как в 2017 и 2020 гг. половодье было кратковременным, дружным и сопровождалось аномально высокими объемами стока. В летне-осенний период уровень воды поддерживался вблизи НПУ и изменялся незначительно.

Особый интерес представляет 2022 г., сочетавший зимний дефицит стока с последующим обильным половодьем, что привело к резким колебаниям уровня воды. Такая неравномерность распределения притока создавала дополнительные риски для водопользования и экосистемы водохранилища (Никитенко и др., 2025).

Температурный режим

Периоды исследований характеризовались значительной межгодовой изменчивостью температурных условий. Майские периоды демонстрировали наибольший разброс условий: от аномально холодного мая 2017 г. (отдельные дни с минимумами до -3.6°C) до теплого мая 2018 и 2021 гг., когда в отдельные дни максимумы достигали $+26\text{--}31^\circ\text{C}$. Июльские сезоны 2019 и 2022 гг. были наиболее прохладными, со средними температурами часто ниже климатической нормы. В отличие от них, 2021 г. выдался экстремально жарким — продолжительный период с 7 по 18 июля характеризовался аномально высокими температурами (среднесуточные $+24\text{--}26^\circ\text{C}$, максимумы $+30\text{--}34^\circ\text{C}$), что способствовало интенсивному прогреву водной массы и возникновению устойчивой стратификации. Сентябрьские периоды 2017, 2020 и 2021 гг. были относительно теплыми, тогда как сентябрь 2022 г. отличался устойчивой прохладной погодой.

Ветровой режим

Анализ данных показал умеренную ветровую активность в большинство периодов отбора проб. Преобладали слабые и умеренные ветра (0.5–3.0 м/с). Наиболее ветреными были отдельные дни в мае 2018 г. и сентябре 2022 г., когда отмечались порывы до 10–14 м/с. Июль 2021 г., несмотря на аномальную жару, характеризовался слабыми ветрами (0.5–1.0 м/с), что дополнительно способствовало формированию устойчивой стратификации и ограничивало аэрацию водной массы.

Осадки и влажность

Наиболее засушливыми были июльские периоды 2018 и 2021 гг., когда отмечались продолжительные интервалы без осадков. Напротив, май 2020 г. и сентябрь 2022 г. отличались повышенным количеством осадков и высокой относительной влажностью воздуха (80–95%). Влажность воздуха в жаркие периоды (июль 2021 г.) опускалась до минимальных значений (25–35%), что усиливало испарение с водной поверхности.

Исследуемый период с 2017 по 2022 г. характеризовался преимущественно умеренным насыщением воды кислородом (табл. 2). В весенний период на всех плесах наблюдался высокий уровень растворенного кислорода как у поверхности (96%), так и у дна (80%). Это связано с активным перемешиванием водной массы после таяния льда и поступлением богатой кислородом талой воды. В летний период отмечено снижение содержания кислорода, особенно у дна. Это объясняется стратификацией: теплая вода на поверхности препятствует перемешиванию с более холодными и бедными кислородом придонными слоями, а также потреблением кислорода в водной толще и грунтами дна. Особенно заметно это снижение в Шошинском и Верхневолжском плесах. В осенний период концентрации растворенного в воде кислорода снова повышается благодаря разрушению летней стратификации и охлаждению поверхностных вод, что способствует перемешиванию. Схожие данные были получены в период активного промысла в 1970-е годы (Саппо, Мосияш, 1980).

Также отмечаем некоторые различия между плесами. В Шошинском (нижний район) и Верхневолжском плесах в летний период наблюдались более низкие концентрации растворенного в воде кислорода у дна, что может свидетельствовать о более выраженной стратификации и, возможно, большем поступлении органики, разлагающейся с потреблением кислорода, что также подтверждается высокими показателями БПК₅ на этих акваториях.

В Средневолжском плесе в 2019 г. наблюдались аномально высокие концентрации растворенного в воде кислорода весной (анализ причин требует дополнительного исследования). Нижневолжский плес в целом схож с остальными плесами по динамике кислорода, но в летний период 2022 г. отмечено экстремально низкое содержание кислорода у дна (до 1.15 мг/дм³). Это может быть связано с продолжительным жарким периодом без осадков, когда меженный приток был небольшим. Сформировалась устойчивая стратификация, при которой кислород в придонном слое расходовался на окисление детрита, обильно поступавшего при вспышке цветения.

В 2020 г. отмечено незначительное повышение среднегодовых концентраций растворенного в воде кислорода, что может быть связано с уменьшением антропогенной нагрузки (например, из-за пандемии COVID-19) или благоприятными метеорологическими условиями (умеренная температура, ветреная погода, способствующая аэрации). Однако данный вопрос требует дополнительного изучения.

В июле 2021 г. из-за аномально жарких погодных условий, что обусловило высокий прогрев и интенсивное “цветение” воды водохранилища, наблюдался острый дефицит кислорода (менее 1 мг/дм³) в придонных слоях всех плесов. Отклонения от норматива качества воды в придонных слоях составили 6.7–15.0 раз. В таких условиях рыбы, даже с малой чувствительностью к содержанию кислорода, погибают. К тому же при высоких температурах воды (27.1°C у поверхности, 20.0°C у дна) активизируется жизнедеятельность микроорганизмов, в том числе патогенных, вызывающих заболевания рыб и их гибель. Вместе с тем гибель водных биоресурсов в акватории Иваньковского водохранилища в 2019 и 2021 гг. не отмечалась, скорее всего, это связано с миграцией рыб ближе к поверхностному слою. В целом кислородный режим зависит от сочетания условий выделения и поглощения кислорода, дефицит O₂ в придонных слоях в летний период связан с разложением органики, что согласуется с моделью Е.Р. Кременецкой (2007).

За весь исследуемый период величина рН находилась в пределах 8.1–8.4 единиц рН (ПДК 6.5–8.5) и характеризуется слабощелочной реакцией среды (Гусева и др., 2000). Значения рН в придонных слоях были на уровне или немного ниже поверхностных (см. табл. 2). Близкие данные были получены в период активного промысла в 1970-е годы, а также в период после закрытия промышленного лова (Гречушников и др., 2023; Григорьева, Кузовлев, 2020; Роговая и др., 2008; Саппо, Мосияш, 1980). Некоторое

Таблица 2. Качество воды Иваньковского водохранилища по гидрохимическим показателям за 2017–2022 гг.

Наименование плеса	Гидрохимические показатели качества воды (среднегодовые значения)							ИЗВ	
	Аммоний-ион (в пересчете на азот), мг/дм³	Нитрит-ион (в пе- ресчете на азот нитритов), мг/дм³	Нитрат-ион (в пе- ресчете на азот нитратов), мг/дм³	Фосфат- ион, мг/дм³	рН	БПК ₅ , мгО ₂ /дм³	Железо об- щее, мг/дм³		О ₂ , мг/дм³
2017									
Шошинский	0.16	0.008	0.04	0.028	8.2	2.4	0.77	8.6	1.4
Верхневолжский	0.09	0.011	0.36	0.048	8.1	1.8	0.69	9.2	1.3
Средневолжский	0.14	0.017	0.32	0.054	8.1	2.2	0.58	9.3	1.2
Нижневолжский	0.10	0.016	0.30	0.041	8.2	2.3	0.61	9.6	1.2
2018									
Шошинский	0.22	0.004	0.09	0.037	8.3	2.9	0.56	8.8	1.2
Верхневолжский	0.20	0.015	0.31	0.057	8.3	1.5	0.46	7.8	1.0
Средневолжский	0.21	0.018	0.20	0.040	8.3	1.9	0.44	9.0	1.0
Нижневолжский	0.20	0.011	0.23	0.043	8.3	2.3	0.45	8.8	1.0
2019									
Шошинский	0.17	0.010	0.13	0.024	8.3	2.6	0.46	8.7	1.0
Верхневолжский	0.17	0.020	0.27	0.039	8.2	2.7	0.44	10.4	1.1
Средневолжский	0.16	0.024	0.20	0.029	8.2	2.9	0.38	10.8	1.0
Нижневолжский	0.16	0.023	0.28	0.038	8.1	2.6	0.44	9.6	1.0
2020									
Шошинский	0.23	0.009	0.04	0.024	8.4	2.5	0.70	7.9	1.3
Верхневолжский	0.21	0.016	0.26	0.045	8.2	1.7	0.59	7.2	1.1
Средневолжский	0.22	0.024	0.27	0.045	8.1	1.7	0.66	7.2	1.3
Нижневолжский	0.23	0.020	0.24	0.036	8.2	1.9	0.69	7.8	1.3
2021									
Шошинский	0.50	0.069	0.10	0.047	8.3	4.2	0.56	9.5	1.5
Верхневолжский	0.29	0.045	0.32	0.055	8.3	2.8	0.48	10.3	1.2
Средневолжский	0.30	0.093	0.27	0.049	8.2	3.3	0.44	10.8	1.3
Нижневолжский	0.59	0.030	0.23	0.049	8.3	4.1	0.47	10.8	1.3
2022									
Шошинский	0.31	0.008	0.32	0.034	8.1	3.4	0.65	10.1	1.4
Верхневолжский	0.20	0.007	0.40	0.042	8.1	2.7	0.61	9.9	1.3
Средневолжский	0.23	0.010	0.30	0.036	8.2	2.9	0.58	9.8	1.3
Нижневолжский	0.25	0.009	0.33	0.023	8.2	3.2	0.62	10.2	1.3
Рыбохозяйственные ПДК	0.40	0.02	9.0	0.61	6.5–8.5	2.1	0.1	не менее 6	—

смещение в щелочную сторону по сравнению с более ранними данными (Григорьева, 2006) может быть связано с продолжающейся эвтрофикацией водоема. Значения pH в самом водохранилище, по нашим данным, несколько выше, чем в притоках (Чекмарева, 2020). Это может быть связано с процессами фотосинтеза в водохранилище, а также с поступлением вод с заболоченных участков водосбора.

Средневегетационные показатели БПК₅ за период с 2017 по 2022 г. составляют 2.4 мгО₂/дм³. Следует отметить, что качество воды в большинстве случаев не удовлетворяло нормативу и превышало ПДК, но находилось на среднемноголетнем уровне. Повышенные значения БПК₅ приурочены к летне-осеннему периоду, что характерно для большинства водоемов умеренного теплового пояса, когда вода водохранилища чаще не удовлетворяла нормативу качества воды по этому показателю. Максимальными величинами выделялся нижний район Шошинского плеса, а минимальными — более проточный Верхневолжский плес. В течение вегетационного периода в 2021 г. значения БПК₅ на всех плесах превышали ПДК от 2.0 до 2.5 раз. Некоторые исследователи предлагают производить оценку качества воды водоемов по величине БПК₅ (Гусева и др., 2000). По нашим данным, в акватории Иваньковского водохранилища величина этого параметра варьировала в период исследований от 1.5 мгО₂/дм³ (Верхневолжский плес, “чистые воды”) до 4.2 мгО₂/дм³ (Нижневолжский плес, “грязные воды”). С 2017 по 2022 г. средние значения в створах Иваньковского водохранилища составляли 2.2–3.0 мгО₂/дм³. В целом воды Иваньковского водохранилища по значениям БПК₅ можно охарактеризовать как “умеренно загрязненные” (Григорьева и др., 2019; Григорьева, Кузовлев, 2020).

Среднемноголетняя величина содержания аммонийного иона составляла 0.3 мг/дм³. В сезонном аспекте и по акватории водохранилища распределение достаточно равномерное. Обычно наблюдалось небольшое снижение содержания аммонийного иона от весны к осени, за исключением 2017 г., когда осенью этот показатель, наоборот, достиг максимума (0.13 мг/дм³) (см. табл. 2). Это связано с обильными дождями, когда с поверхностным стоком в водоем смывается большое количество биогенных и органических веществ. Кроме того, в летние периоды 2018 и 2021 гг. наблюдался резкий рост этого показателя. Максимальная концентрация по аммонийному иону, как и по нитрит-ионам, отмечалась в летний период. Почти на всех станциях в поверхностных горизонтах зафиксировано превышение ПДК в 1.1–5.9 раза. Однако их среднее содержание по всему водохранилищу

составило 0.31 мг/дм³, что не превышало ПДК. Следует отметить, что за весь исследуемый период превышения ПДК по содержанию аммонийного иона отмечено только в летний период 2021 г. Среди плесов несколько повышенными концентрациями выделялись Шошинский (нижний район) и Средневолжский плесы, за счет накопления его у дна в летний период, при более низкой концентрации растворенного в воде кислорода. Наши данные и литературные источники (Гречушникова и др., 2023; Григорьева, 2006; Григорьева, Кузовлев, 2020; Кирпичев, Григорьева, 2018) указывают на значительное загрязнение Иваньковского водохранилища и его притоков аммонием. Это — один из ключевых показателей антропогенного воздействия (стоки, смыв с водосбора, разложение органики). По данным М.Г. Гречушниковой с соавторами (2023), отмечена сильная зависимость загрязнения аммонием от погодных условий (рост в более жаркий период).

Среднемноголетние концентрации нитратов составляли 0.2 мг/дм³. В Шошинском плесе отмечались самые низкие значения. В Волжских плесах содержание нитратов многократно (в 6–8 раз) выше. Как правило, у поверхности нитраты расходуются интенсивнее, чем у дна. Содержание нитратов за исследуемый период во всех створах было гораздо ниже ПДК.

Среднемноголетнее содержание нитритов в 2017–2022 гг. составляло 0.026 мг/дм³ для всей акватории водохранилища. Доля нитритов в общем содержании минерального азота незначительна. Наиболее загрязнен нитрит-ионами Средневолжский плес, наименее — Шошинский. В 2017 и 2019 гг. наблюдалось увеличение содержания нитритов от весны к осени, а в 2018, 2020 и 2021 гг. отмечался рост в летний период и снижение — в осенний период. В целом содержание нитритов было ниже уровня ПДК за исключением пиковых осенних и летних значений (превышение до 4.7 ПДК).

В 2017–2022 гг. средние значения фосфат-ионов в створах Иваньковского водохранилища составляли 0.03–0.04 мг/дм³, что соответствовало категории олиготрофных вод. В Шошинском плесе содержание фосфатов постоянно ниже, чем в Волжских плесах. Среди плесов несколько повышенными концентрациями фосфат-ионов выделялся Верхневолжский. В сезонной динамике содержания фосфат-ионов минимум (0.023 мг/дм³) прослеживался в поверхностном слое в мае, когда развитие водорослей было наиболее интенсивным, о чем косвенно можно судить по насыщению воды кислородом. Летом и осенью их количество несколько увеличивалось (за исключением 2018 г., когда средние

за весенний и летний сезон концентрации фосфат-ионов оказались одинаковыми). Наши данные в целом сопоставимы с результатами М.Г. Гречушниковой с соавторами (2023), полученными в августе. Отмечено, что притоки вносят значительный вклад в загрязнение фосфатами (Чекмарева, 2020).

Водам водохранилища свойственны высокие концентрации общего железа, обусловленные значительной заболоченностью водосборной площади. Среднегодовые значения с 2017 по 2022 г. составляли 0.571 мг/дм³. Максимальные концентрации наблюдались во время повышенного поверхностного стока, в том числе и с заболоченных площадей, в значительной мере обогащенных железом, в результате таяния снега или обильных осадков. С глубиной содержание железа увеличивается. Наши данные полностью подтверждают высокое содержание железа в Иваньковском водохранилище. Это связано как с природными особенностями (болотное питание), так и с антропогенным воздействием (Гречушникова и др., 2023; Григорьева, 2006; Рогова и др., 2008; Чекмарева, 2020).

По результатам исследований за период с 2017 по 2022 г. установлены превышения ПДК по следующим показателям (среднегодовые значения): азот аммонийный — до 1.5 ПДК, нитрит-ион — до 4.7 ПДК, БПК₅ — до 2 ПДК, железо общее — до 7.7 ПДК (см. табл. 2).

Рассчитанные значения ИЗВ варьировали в годовом аспекте незначительно. В период исследований с 2017 по 2022 г. среднее значение ИЗВ было в пределах от 1.16 до 1.33. Исходя от величины интегрального показателя, качество воды Иваньковского водохранилища на исследуемых плесах с 2017 по 2022 г. находилось в пределах 3 класса “умеренно загрязненные”, что немного лучше ранее полученных данных (Дебольский и др., 2009).

По результатам исследований Шошинский плес (нижний район) имеет наихудшие показатели по всем параметрам (БПК₅ до 4.2 мгО₂/дм³, аммоний до 0.5 мг/дм³), что подтверждает его эвтрофный статус. На Средневожжский и Нижневожжский плесы (промежуточные значения по биогенам) оказывает влияние Конаковская ГРЭС (Григорьева и др., 2006, 2019). Верхневожжский плес наименее загрязнен.

По нашим и литературным данным (Гречушникова, 2023; Григорьева и др., 2006; Григорьева, Кузовлев, 2020; Рогова и др., 2008; Чекмарева, 2020), зафиксировано значительное антропогенное загрязнение Иваньковского водохранилища. Антропогенная нагрузка (сбросы Конаковской ГРЭС, сельскохозяйственные стоки, стоки

предприятий, рекреация) остается ключевым фактором загрязнения, особенно по биогенам и металлам. Однако загрязнение по водохранилищу неравномерное.

ВЫВОДЫ

По результатам исследований за период с 2017 по 2022 г. в воде Иваньковского водохранилища установлены превышения ПДК по следующим показателям: азот аммонийный — до 1.5 ПДК, нитрит-ион — до 4.7 ПДК, БПК₅ — до 2 ПДК, железо общее — до 7.7 ПДК. Кислородные условия в вегетационный период 2017–2022 гг. в целом были вполне благоприятными, насыщение воды кислородом было выше значений ПДК. Однако в летний период 2019 и 2021 гг. отмечался острый дефицит кислорода и отклонение от норматива качества воды на всех участках водохранилища в придонном горизонте. За весь исследуемый период величина рН находилась в пределах 8.1–8.4. Значения рН в придонных слоях были на уровне или немного ниже поверхностных. Вода Иваньковского водохранилища имеет слабощелочную реакцию среды.

В течение вегетационного периода 2021 г. значения БПК₅ на всех плесах превышали ПДК от 2 до 2.5 раз. В целом воды Иваньковского водохранилища по значениям БПК₅ можно охарактеризовать как “умеренно загрязненные”.

Исходя от величины интегрального показателя качество воды Иваньковского водохранилища на исследуемых плесах с 2017 по 2022 г. находилось в пределах 3 класса “умеренно загрязненные”. Несмотря на отсутствие промывла улучшения качества среды не произошло, хотя Госкомитет РФ по рыболовству рассматривал закрытие промышленного лова в 2007 г. в целях улучшения среды обитания водных биоресурсов.

Понижение уровня воды, кислородные условия и отсутствие промывла могут быть факторами, обусловившими уменьшение промысловых запасов рыб за последние 20 лет.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ “ВНИРО” (“ВНИИПРХ”).

FINDING

This work was funded from the budget of the Freshwater Fisheries branch of the Federal State Budgetary Institution VNIRO (VNIIPRH).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бурдин Е.А. Проблемы создания Иваньковского водохранилища (1993–1997 гг.) // Вестн. УлГТУ. 2011. № 3 (55). С. 21–24.
- Горячев Д.В., Никитенко А.И., Амелин М.Ю., Караваева М.С., Кудинов М.Ю., Гвоздарев Д.А., Буторина А.П. О возобновлении промысла на Иваньковском водохранилище // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24. № 1. С. 154–164.
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-1-154-164>
- Горячев Д.В., Никитенко А.И., Гвоздарев Д.А., Смирнов А.А., Строганов А.Н., Кудинов М.Ю., Базаров М.И., Соломатин Ю.И. Промысел на водоемах Тверской области: историческая ретроспектива и современность // Вопросы рыболовства. 2024. Т. 25. № 2. С. 75–88.
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2024-25-2-75-88>
- Горячев Д.В., Никитенко А.И., Клец Н.Н., Гвоздарев Д.А., Кудинов М.Ю., Соломатин Ю.И., Буторина А.П. Состояние запасов водных биологических ресурсов Иваньковского и Угличского водохранилищ // Вопросы рыболовства. 2021. Т. 22. № 1. С. 25–37.
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2021-22-1-25-37>
- Гречушников М.Г., Ломова Д.В., Ломов В.А., Кременецкая Е.Р., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Федорова Л.П. Пространственно-временные различия гидроэкологических характеристик Иваньковского водохранилища в годы с различными погодными условиями // Водные ресурсы. 2023. Т. 50. № 1. С. 81–89.
<https://doi.org/10.31857/S0321059623010078>
- Гречушников М.Г., Репина И.А., Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Ломов В.А., Соколов Д.И., Степаненко В.М., Ефимов В.А., Мошков А.А., Капустин И.А. Содержание и потоки метана в Волжских водохранилищах // Изв. РАН. Сер. геогр. 2023. № 87 (6). С. 899–913.
<https://doi.org/10.31857/S2587556623060080>
- Григорьева И.Л. Особенности водного и уровня режимов Иваньковского и Угличского водохранилищ // Тр. VII конф. “Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей”. М., 2009. С. 19–25.
- Григорьева И.Л. Современное состояние качества воды Иваньковского водохранилища // Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов. Казань, 2006. С. 124–127.
- Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А. Современное состояние, источники загрязнения и возможные пути реабилитации Иваньковского водохранилища и его притоков // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения: сб. науч. тр. Нижний Новгород, 2019. С. 332–336.
- Григорьева И.Л., Кузовлев В.В. Пространственно-временная изменчивость содержания нитратов и фосфатов в воде Иваньковского водохранилища и его основных притоков // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. Ч. 1. Ростов-на-Дону, 2020. С. 24–27.
- Григорьева И.Л., Чекмарева Е.А. Влияние рекреационного водопользования на качество воды Иваньковского водохранилища // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 3. С. 63–70.
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2013-3-63-70>
- Григорьева И.Л., Федорова Л.П., Чекмарева Е.А. Современное гидроэкологическое состояние Иваньковского водохранилища в районе отвода подогретых вод от Конаковской ГРЭС // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. “География и геоэкология”. 2019. № 1 (25). С. 23–38.
- Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справ. материалы. М.: Социально-экологический Союз, 2000. 148 с.
- Дебольский В.К., Кочарян А.Г., Григорьева И.Л., Лебедева И.П., Толкачев Г.Ю. Проблемы формирования качества воды в поверхностных источниках водоснабжения и пути их решения на примере Иваньковского водохранилища // Вода: химия и экология. 2009. № 7. С. 2–11.
- Денисов Л.И., Мейснер Е.В. Иваньковское водохранилище // Изв. ГосНИОРХ. 1961. Т. 50. С. 10–30.
- Кирпичёв И.А., Григорьева И.Л. Исследование влияния коттеджной застройки береговой зоны Иваньковского водохранилища на качество воды водоема // Вестн. Международ. ун-та природы, общества и человека “Дубна”. Естественные и инженерные науки. 2018. № 1 (38). С. 19–25.
- Кременецкая Е.Р. Оценка скорости потребления кислорода в толще воды Можайского и Иваньковского водохранилищ // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 3. С. 310–317.
- Лебедев В.В., Куприянова Е.И., Харитонов В.А. Технология дистанционного мониторинга экологического состояния водохранилищ (на примере Иваньковского) // Исследование Земли из космоса. 2007. № 5. С. 30–43.
- Никаноров Ю.И. Иваньковское водохранилище // Изв. ГосНИОРХ. 1975. Т. 102. С. 5–25.
- Никитенко А.И., Горячев Д.В., Жарикова В.Ю., Смирнов А.А., Гвоздарев Д.А., Базаров М.И., Соломатин Ю.И. Динамика запасов и биологические показатели основных промысловых видов рыб Иваньковского водохранилища за период 1998–2021 гг., их освоение // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24. № 3. С. 172–194.
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-3-172-194>
- Никитенко А.И., Горячев Д.В., Артеменков Д.В., Жернаков И.А., Смирнов А.А. Влияние уровня режима Иваньковского водохранилища (Средняя Волга) на состояние запасов и промысел обитающих в нем рыб // Рыбное хозяйство. 2025. № 3 (3). С. 92–103.
<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-3-92-103>
- Роговая И.В., Джамалов Р.Г., Моржухина С.В., Осмачко М.П. Изменение качества Волжской воды в нижнем бьефе Иваньковского гидроузла (в пределах г. Дубна) // Геоэкология. Инженерная ге-

- ология, гидрогеология, геоэкология. 2008. № 1. С. 39–48.
- Сапо Л.М., Мосияш С.А. Гидрохимический режим Иваньковского водохранилища и Угличского водохранилищ в 1976–1977 гг. // Изв. ГосНИОРХ. 1980. Т. 145. С. 5–17.
- Толкачев Г.Ю. Некоторые аспекты формирования качества воды в Иваньковском водохранилище // Комплексные мелиорации средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. М., 2014. Т. 1. С. 415–420.
- Туманова П.А. Оценка загрязнения поверхностных вод Иваньковского водохранилища // География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов: матер. VIII Всерос. науч.-практич. конф. К 150-летию школы П.П. Максимовича. Тверь, 2020. С. 79–84.
- Чекмарева Е.А. Качество воды притоков Иваньковского водохранилища в многолетнем аспекте: матер. Региональной науч.-практич. конф. “Актуальные проблемы сохранения природного наследия Верхневолжья”. Тверь, 2020. С. 26–35.

Current Quality of Water in the Ivankovskoye Reservoir According to Indicators Limiting the Development of Hydrobionts

D. V. Goryachev^a, A. I. Nikitenko^{a,*}, A. V. Zdrok^a, I. A. Zhernakov^a, and M. G. Petrova^a

^aFreshwater fisheries branch VNIRO, Rybnoye village, Dmitrovsky district, Moscow Oblast, Russia

*e-mail: alexey_nikitenko90@mail.ru

A comprehensive assessment of the ecological status of the Ivankovskoye Reservoir (European Russia) was conducted for the 2017–2022 period, focusing on hydrochemical parameters and anthropogenic impacts. The study analyzed key water quality indicators: dissolved oxygen, pH, ammonium nitrogen, nitrites, nitrates, phosphates, BOD₅, and total iron. Sampling was performed at 18 stations across four reservoir sections (Shoshinsky, Upper Volga, Middle Volga, and Lower Volga) using standardized methods (PND F). The water pollution index (WPI) was applied for integrated water quality assessment, and anthropogenic load was calculated using Frumin's formula. Results revealed seasonal dynamics of oxygen regime: summer oxygen depletion in bottom layers (down to 1.15 mg/dm³) was linked to thermal stratification and organic matter decomposition. Exceedances of maximum permissible concentrations (MPC) were recorded for ammonium nitrogen (up to 1.5 × MPC), nitrites (up to 4.7 × MPC), BOD₅ (up to 2 × MPC), and iron (up to 7.7 × MPC). The Shoshinsky section exhibited the highest pollution levels due to eutrophication and low water exchange. Average WPI values (1.16–1.33) corresponded to Class 3 water quality (moderately polluted). Key pollution sources included discharges from the Konakovskaya GRES power plant, agricultural runoff, and recreational activities. Despite the ban on industrial fishing (since 2007), no water quality improvements were observed, and anthropogenic pressure continued to rise (index 1.87 in 2021 vs. 2005–2017 data). The study emphasizes the need for enhanced measures to reduce nutrient and chemical loads, particularly under climate change and increasing anthropogenic pressure. The findings may inform water resource management strategies and ecological restoration programs for the reservoir.

Keywords: Ivankovskoye Reservoir, hydrochemistry, anthropogenic impact, ecological status, dissolved oxygen, BOD₅, eutrophication

REFERENCES

- Burdin E.A. Problems of the creation of the Ivankovo reservoir (1993–1997). *Vestn. UIGTU*, 2011, no. 3, pp. 21–24. (In Russ.).
- Чекмарева Е.А. Water quality of the tributaries of the Ivankovo reservoir in a long-term aspect. In *Materialy Regionalnoi Nauch.-Prakt. Konf. “Aktual'nye Problemy Sokhraneniya Prirodnogo Naslediya Verkhnevolzh'ya”* [Materials of the Regional Sci. and Pract. Conf. “Actual Problems of Preserving the Natural Heritage of the Upper Volga Region”]. Tver, 2020, pp. 26–35. (In Russ.).
- Debolskii V.K., Kocharyan A.G., Grigor'eva I.L., Leb-edeveva I.P., Tolkahev G.Yu. Problems of water quality formation in surface water sources and solutions for them by the example of the Ivankovo reservoir. *Voda: Khim. Ekol.*, 2009, no. 7, pp. 2–11. (In Russ.).
- Denisov L.I., Meisner E.V. Ivankovskoye reservoir. *Izv. GosNIORKh*, 1961, vol. 50, pp. 10–30. (In Russ.).
- Goryachev D.V., Nikitenko A.I., Klets N.N., Gvoz-darev D.A., Kudinov M.I., Solomatin I.I., Butori-na A.P. State of water biological stock resources in the Ivankovo and Uglich reservoirs. *Vopr. Rybolov.*, 2021, vol. 22, no. 1, pp. 25–37. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2021-22-1-25-37>
- Goryachev D.V., Nikitenko A.I., Amelin M.Y., Kara-vaeva M.S., Kudinov M.U., Gvoz-darev D.A., Buto-rina A.P. On the renewal of fishing at the Ivankovo

- reservoir. *Vopr. Rybolov.*, 2023, vol. 24, no.1, pp. 154–164. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-1-154-164>
- Goryachev D.V., Nikitenko A.I., Gvozdev D.A., Smirnov A.A., Stroganov A.N., Kudinov M.Yu., Bazarov M.I., Solomatin Y.I. Fishing on the reservoirs of the Tver region: Historical retrospective and the present. *Vopr. Rybolov.*, 2024, vol. 25, no. 2, pp. 75–88. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2024-25-2-75-88>
- Grechushnikova M.G., Lomova D.V., Lomov V.A., Kremenetskaya E.R., Grigor'eva, I.L., Komissarov A.B., Fedorova L.P. Space and time variations of hydroenvironmental characteristics of the Ivankovo reservoir in years with different weather conditions. *Water Resour.*, 2023a, vol. 50, pp. 109–116.
<https://doi.org/10.1134/S0097807823010074>
- Grechushnikova M.G., Repina I.A., Frolova N.L., Agafonova S.A., Lomov V.A., Sokolov D.I., Stepanenko V.M., Efimov V.A., Molkov A.A., Kapustin I.A. Methane concentration and fluxes in Volga River reservoirs. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2023b, vol. 87, no. 6, pp. 899–913. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2587556623060080>
- Grigor'eva I.L. Current state of water quality in the Ivankovo reservoir. In *Ekologo-gidrologicheskie problemy izucheniya i ispolzovaniya vodnykh resursov* [Ecological and Hydrological Problems of Studying and Using Water Resources]. Kazan, 2006, pp. 124–127. (In Russ.).
- Grigor'eva I.L. Features of water and level regimes of the Ivankovo and Uglich reservoirs. In *Tr. VII konf. "Dinamika i termika rek, vodokhranilishch i pribrezhnoi zony morei"* [Proc. of the 7th Conf. "Dynamics and Thermics of Rivers, Reservoirs, and Coastal Zones"]. Moscow, 2009, pp. 19–25. (In Russ.).
- Grigor'eva I.L., Chekmariova E.A. The influence of the recreation on water quality of the Ivankovo reservoir. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2013, vol. 3, pp. 63–70. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2013-3-63-70>
- Grigor'eva I.L., Kuzovlev V.V. Spatiotemporal variability of nitrate and phosphate content in the water of the Ivankovo reservoir and its main tributaries. In *Sovremennye problemy gidrokhimii i monitoringa kachestva poverkhnostnykh vod* [Modern Problems of Hydrochemistry and Surface Water Quality Monitoring], 2020, pp. 24–27. (In Russ.).
- Grigor'eva I.L., Komissarov A.B., Chekmareva E.A. Current state, pollution sources, and possible rehabilitation measures for the Ivankovo reservoir and its tributaries. In *Nauchnye problemy ozdorovleniya rossyskikh rek i puti ikh resheniya. Sb. nauch. statei* [Scientific Problems of Improving Russian Rivers and Ways to Solve Them: Collection of Sci. Papers]. Nizhny Novgorod, 2019a, pp. 332–336. (In Russ.).
- Grigor'eva I.L., Fedorova L.P., Chekmareva E.A. Modern hydroecological state of the Ivankovo reservoir in the area of heated water discharge from the Konakovskaya GRES. *Vestn. Tver. Gos. Univ., Ser. Geogr. Geoekol.*, 2019b, no. 1, pp. 23–38. (In Russ.).
- Guseva T.V., Molchanova Ya.P., Zaika E.A., Vinichenko V.N., Averochkin E.M. *Gidrokhimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchei sredy: spravochnye materialy* [Hydrochemical Indicators of the Environment: Reference Materials]. Moscow: Sotsialno-Ekologicheskii Soyuz Publ., 2000. 148 p.
- Kirpichev I.A., Grigor'eva I.L. Impact of cottage development in the coastal zone of the Ivankovo reservoir on water quality. *Vest. Mezhdun. Univ. Prir., Obsh. Chelov. Dubna, Est. Inzh. Nauki*, 2018, no. 1, pp. 19–25. (In Russ.).
- Kremenetskaya E.R. Assessment of the oxygen consumption rate in the water column for the Mozhaik and Ivankovo reservoirs. *Water Resour.*, 2007, vol. 34, pp. 287–294.
<https://doi.org/10.1134/S0097807807030062>
- Lebedev V.V., Kupriyanova E.I., Kharitonov V.A. Remote monitoring technology for the ecological state of reservoirs (case study of the Ivankovo reservoir). *Issled. Zemli Kosm.*, 2007, no. 5, pp. 30–43. (In Russ.).
- Nikanorov Yu.I. Ivankovo reservoir. *Izv. GosNIORKh*, 1975, vol. 102, pp. 5–25. (In Russ.).
- Nikitenko A.I., Goryachev D.V., Zharikova V.U., Smirnov A.A., Gvozdev D.A., Bazarov M.I., Solomatin Y.I. Dynamics of stocks and biological indicators of the main commercial fish species of the Ivankovo reservoir for the period 1998–2021, their development by fishing. *Vopr. Rybolov.*, 2023, vol. 24, no. 3, pp. 172–194. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-3-172-194>
- Nikitenko A.I., Goryachev D.V., Artemenkov D.V., Zhernakov I.A., Smirnov A.A. The influence of the level regime of the Ivankovo reservoir (Middle Volga) on the state of stocks and fishing of fish living in it. *Rybn. Khoz.*, 2025, vol. 3, pp. 92–103. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-3-92-103>
- Rogovaya I.V., Dzhamalov R.G., Morzhukhina S.V., Osmachko M.P. Changes in the quality of Volga water in the lower pool of the Ivankovsk hydroelectric complex (within Dubna city). *Geoekol. Inzh. Geol. Gidrogeo. Geokriol.*, 2008, no. 1, pp. 39–48. (In Russ.).
- Sappo L.M., Mosiyash S.A. Hydrochemical regime of the Ivankovo and Uglich reservoirs in 1976–1977. *Izv. GosNIORKh*, 1980, vol. 145, pp. 5–17. (In Russ.).
- Tolkachev G.Yu. Some aspects of water quality formation in the Ivankovo reservoir. *Kompleksnye melioratsii — sredstvo povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh zemel'. T. 1* [Integrated Land Reclamation as a Means of Increasing the Productivity of Agricultural Lands. Vol. 1]. Moscow, 2014, pp. 415–420. (In Russ.).
- Tumanova P.A. Assessment of surface water pollution in the Ivankovo reservoir. In *Geografiya, ekologiya, turizm: nauchnyi poisk studentov i aspirantov. Tezisy konf.* [Geography, Ecology, Tourism: Scientific Search for Students and Postgraduates: Conf. Proc.]. Tver, 2020, pp. 79–84. (In Russ.).