

Научная статья

УДК 574.5:556.55(470.26)

DOI 10.46845/1997-3071-2026-81-25-39

**Оценка трофо-сапробного статуса пруда Парка Победы (г. Калининград)
по гидрохимическим и альгологическим показателям**

Надежда Александровна Цупикова¹, Екатерина Александровна Севостьянова², Александра Евгеньевна Погодина³, Артем Викторович Рудских⁴

^{1,2,3,4} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹ tsoupikova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9823-5810>

² ekaterina.lozitskaya@klgtu.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-3917-1953>

³ sashinodelo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7963-0983>

⁴ aptiom2019@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1983-5360>

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного исследования в период с апреля 2024 по март 2025 г. эколого-гидрохимического состояния и альгоценоза малого городского водоема – пруда без названия в Парке Победы (г. Калининград). На основании ежемесячного мониторинга трех станций выявлена пространственно-временная динамика ключевых гидрохимических параметров, включая растворенный кислород, биогенные элементы (азот аммонийный, нитриты, фосфаты, общее железо) и перманганатную окисляемость. Для характеристики биологического состояния анализировались состав, численность и биомасса фитопланктона с применением стандартных гидробиологических методик. Установлено, что водный объект характеризуется хронически высоким содержанием аммонийного азота, превышающим рыбохозяйственные предельно допустимые концентрации (ПДК) на протяжении всего годового цикла, и критическим дефицитом растворенного кислорода в весенне-летний период. Выявлена статистически значимая зависимость между интенсивностью осадков и уровнем органического загрязнения. Высокое содержание общего железа имеет смешанный генезис, сочетающий влияние природных подземных вод и сток с урбанизированных территорий. По гидрохимическим показателям пруд классифицируется как эвтрофный, воды принадлежат к категории β -мезосапробных. Альгологический анализ показал доминирование зеленых, диатомовых водорослей и цианобактерий, пиковые значения биомассы фитопланктона свидетельствуют об эвтрофном статусе экосистемы. Морфометрические особенности пруда и наличие локальных источников загрязнения обуславливают выраженную пространственную гетерогенность качества среды – северная часть водоема является зоной максимальной аккумуляции загрязняющих веществ из-за поступления ливневых стоков.

Ключевые слова: городской пруд, гидрохимический мониторинг, фитопланктон, биогенные элементы, эвтрофикация, сапробность, качество воды.

Для цитирования: Цупикова Н. А., Севостьянова Е. А., Погодина А. Е., Рудских А. В. Оценка трофо-сапробного статуса пруда Парка Победы (г. Калининград) по гидрохимическим и альгологическим показателям // Известия КГТУ. 2026. № 81. С. 25–39. DOI 10.46845/1997-3071-2026-81-25-39.

Original article

Assessment of tropho-saprobological status of the Pobedy Park Pond (Kaliningrad) based on hydrochemical and algological indicators

Nadezhda A. Tsupikova¹, Ekaterina A. Sevostyanova²✉, Aleksandra E. Pogodina³, Artem V. Rudskikh⁴

^{1,2,3,4} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹ tsoupikova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9823-5810>

² ekaterina.lozitskaya@klgtu.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3917-1953>

³ sashinodelo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7963-0983>

⁴ aptiom2019@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1983-5360>

Abstract. This paper presents the results of a comprehensive assessment of the ecological and hydrochemical status and algal community of a small urban water body – an unnamed pond located in Pobedy Park (Kaliningrad) – conducted from April 2024 to March 2025. Based on the monthly monitoring across three sampling stations, the study identifies the spatio-temporal dynamics of key hydrochemical parameters, including dissolved oxygen, nutrients (ammonium nitrogen, nitrites, phosphates, total iron) and permanganate index. In order to provide a robust biological characterisation, the phytoplankton composition, abundance, and biomass have been analysed using standard hydrobiological protocols. The findings establish that the water body exhibits chronically high ammonium nitrogen levels, exceeding fisheries maximum allowable concentrations throughout the entire annual cycle, alongside critical dissolved oxygen deficit during the spring and summer months. A statistically significant correlation has been identified between precipitation intensity and the level of organic pollution. Furthermore, the total iron concentrations are of mixed origin, resulting from the combined influence of natural groundwater and runoff from urbanised areas. According to hydrochemical indicators, the pond can be classified as eutrophic, β -mesosaprobic. Algological analysis revealed the dominance of green algae, diatoms and cyanobacteria; peak phytoplankton biomass values indicate the ecosystem's eutrophic status. The morphometric characteristics of the pond, coupled with local point sources of pollution, drive pronounced spatial heterogeneity in environmental quality; specifically, the northern sector of the pond serves as a primary accumulation zone for pollutants due to the influx of stormwater runoff.

Keywords: urban pond, hydrochemical monitoring, phytoplankton, nutrients, eutrophication, saprobity, water quality.

For citation: Tsupikova N. A., Sevostyanova E. A., Pogodina A. E., Rudskikh A. V. Assessment of tropho-saprobological status of the Pobedy Park Pond (Kaliningrad) based on hydrochemical and algological indicators. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2026;(81):25–39. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2026-81-25-39.

ВВЕДЕНИЕ

Важность и актуальность работы по комплексной оценке состояния городских водоемов обусловлена их ключевой ролью в поддержании экологического баланса урбанизированных территорий, обеспечении биоразнообразия, регулировании гидрологических процессов и предоставлении широкого спектра экосистемных услуг, включая рекреационные, образовательные и эстетические функции [1–4]. В условиях плотной городской застройки и значительной антропогенной нагрузки искусственные водоемы становятся важнейшими элементами городской «голубой» инфраструктуры, способствуя смягчению последствий климатических изменений, снижению риска наводнений и улучшению качества городской среды [1, 4–6].

Современные исследования подчеркивают, что городские пруды и озера, несмотря на часто неблагоприятные гидрохимические условия и воздействие загрязнителей, способны поддерживать значительное видовое разнообразие гидробионтов, включая редкие и охраняемые виды, а также служить «экологическими коридорами» для миграции организмов [1, 2, 4]. Особое значение имеют исследования, направленные на выявление факторов, влияющих на экологическое состояние водоемов, таких как гидрологический режим, уровень эвтрофикации, поступление питательных и органических веществ, а также их сезонная динамика [6–8]. Важной задачей является формирование базы данных по состоянию городских водоемов, что позволяет не только отслеживать долгосрочные изменения, но и разрабатывать эффективные стратегии управления и восстановления экосистем [1–3, 9].

Калининград обладает обширной сетью озелененных и водно-парковых территорий. В условиях современной градостроительной политики, ориентированной на формирование устойчивых водно-зеленых городских пространств, возникла необходимость в их реставрации и экологической реабилитации. В результате парковые массивы и находящиеся в их пределах водоемы привлекли повышенное внимание как научного сообщества, так и городского населения, что обусловило актуальность применения многопараметрических методов их оценки. Одним из таких объектов является Парк Победы с расположенным в нем водоемом без названия, экологическое состояние которого до настоящего исследования не было изучено системно.

Пруд без названия в Парке Победы представляет собой водоем искусственного происхождения, имеющий историческую и экологическую значимость, элемент городской водной инфраструктуры Калининграда. Выполненное исследование позволило оценить текущее состояние водоема, выявить пространственно-временную динамику гидрохимических показателей и характеристик фитопланктона как индикаторов экологического состояния водоема, находящегося под воздействием комплекса природных и антропогенных факторов.

Исторической основой появления пруда послужили переустроенные крепостные рвы, которые со временем утратили свое оборонительное значение. Происхождение водоема как фортификационного сооружения во многом предопределило его современный гидрологический режим и склонность к аккумуляции загрязняющих веществ. Несмотря на то, что водный объект обладает признаками водоемов второй рыбохозяйственной категории, в официальных реестрах данный статус юридически не закреплён.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб для выполнения гидрохимического (апрель 2024 – март 2025 г.) и альгологического (апрель – сентябрь 2024) анализов проводился на трех береговых станциях мониторинга с поверхностного горизонта: ст. 1 – северная точка пруда (54.712009, 20.489455), ст. 2 – центральная часть водоема, южнее сужения (54.710055, 20.489493), ст. 3 – юго-западная окраина вблизи стройплощадки и автомобильной дороги (54.708470, 20.489059) (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема станций мониторинга

Fig. 1. Location of sampling stations

Гидрохимический анализ включал определение содержания растворенного кислорода¹, азота аммонийного², нитритов², фосфора фосфатов³, железа общего, величины перманганатной окисляемости⁴.

Отбор проб для альгологического анализа проводили из поверхностного горизонта на глубине около 0,5–0,8 м. Для фиксации и окраски использовали раствор Люголя в модификации Кузьмина Г. В. Концентрация пробы осуществлена методом прямой фильтрации через фильтры с диаметром пор 5 и 1,2 мкм. Материал обработан с использованием камеры «Учинская-2» на микроскопе «Микромед 3 (U2)» с объективами увеличения 63× и 40×. Подсчет биомассы и численности осуществлен по методическим рекомендациям ИБВВ РАН [10, 11].

Качество воды оценивалось путем сравнения концентраций загрязняющих веществ с нормативами (ПДК), установленными для водных объектов рыбохозяйственного значения в соответствии с Приказом Минсельхоза России № 552 от

¹ РД 52.24.419-2019. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом. – [Б. м.] : Росгидромет, 2019. – 8 с.

² ГОСТ 33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. – М. : Стандартинформ, 2019. – 20 с.

³ ГОСТ 18309-2014. Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ. – М. : Стандартинформ, 2015. – 22 с.

⁴ ГОСТ Р 55684-2013. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. – М. : Стандартинформ, 2019. – 16 с.

13.12.2016. Текущее экологическое состояние водоема оценено по трофо-сапробным показателям⁵, трофический статус – по биомассе фитопланктона [12].

Статистическая обработка данных выполнена путем сопоставления (прямого и с временным лагом в 30 дней) усредненных по станциям гидрохимических показателей с метеорологическими данными, а также количественных показателей фитопланктона (численности и биомассы) с гидрохимическими параметрами и метеорологическими данными. Оценка тесноты и направленности связей проведена с помощью коэффициента линейной корреляции Пирсона (r).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидролого-гидрохимическая характеристика

Пруд в парке небольшой, имеет вытянутую форму: длина водоема 0,46 км, средняя ширина – 0,03 км. Площадь водного зеркала составляет 1,5 га. В центральной части пруд пересекает искусственная насыпь, в теле которой организовано гидротехническое сооружение. Значительное уменьшение площади поперечного сечения пропускного отверстия по сравнению с общей шириной водоема условно разделяет его на две гидрологически относительно изолированные части – северную и южную. Данная морфометрическая особенность способствует формированию гидрохимических и альгологических различий между северной и южной частями водоема.

На северо-западе в пруд впадает постоянный водоток, имеющий юго-восточное направление, в зимний период здесь визуально наблюдается поступление теплой воды, что препятствует ледообразованию на данном участке. С восточного берега через систему ливневой канализации в пруд эпизодически стекают талые снеговые и дождевые воды с асфальтированных покрытий и кровель зданий. На западном берегу фиксируется постоянно действующий водовыпуск неизвестного происхождения, устье которого выложено красным кирпичом.

Температура воздуха в период наблюдений демонстрировала значительные внутригодовые колебания, близкие к норме. Прогрев воды происходил вслед за повышением температуры воздуха. Вегетационный период характеризовался устойчиво высокими температурами воздуха, способствующими интенсивному испарению и высокой температуре воды (с мая по август выше 20 °C). В холодное время года (с декабря по апрель) на ст. 1 температура воды выше, чем на других станциях, благодаря поступлению более теплых вод из водовыпуска в северную часть пруда. Суммарное количество осадков за 2024 г. (730 мм) оказалось близким к норме (отклонение –9 %), но их внутригодовое распределение характеризовалось резкими экстремумами: при общем дефиците осадков в вегетационный период значительное превышение нормы осадков наблюдалось в июле (на 72 % выше нормы), а также в первые три месяца года (в феврале почти в 2,5 раза).

Анализ распределения гидрохимических параметров по трем станциям мониторинга позволил выявить выраженную сезонную динамику, обусловленную как природными факторами, так и антропогенной нагрузкой.

⁵ ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. — Москва : Издательство стандартов, 1977. – 10 с.

Кислородные условия пруда характеризуются выраженной пространственно-временной неоднородностью и нестабильностью, что типично для антропогенно-трансформированных экосистем. В весенне-летний период формируются зоны гипоксии с периодами глубокого дефицита. В частности, в мае зафиксирован критический минимум содержания растворенного кислорода ($3,34 \text{ мг/дм}^3$, 38 % насыщения на ст. 1). Данному снижению предшествовал пик перманганатной окисляемости (более $16\text{--}17 \text{ мгО/дм}^3$ в апреле), что указывает на интенсивное потребление кислорода и процессы деструкции органического вещества. Вероятно, акватория ст. 1 является зоной аккумуляции аллохтонного и автохтонного детрита, где процессы деструкции преобладают над продукционными (рис. 2). Напротив, в холодный сезон (декабрь–март) наблюдается перенасыщение воды кислородом (до $11\text{--}17 \text{ мг/дм}^3$). Максимальное значение ($17,3 \text{ мг/дм}^3$) на ст. 3 в марте, вероятно, обусловлено интенсивным началом фотосинтеза в отсутствие ледяного покрова. Таким образом, большую часть года по содержанию растворенного кислорода пруд соответствует β -мезосапробной зоне (эвтрофные воды).

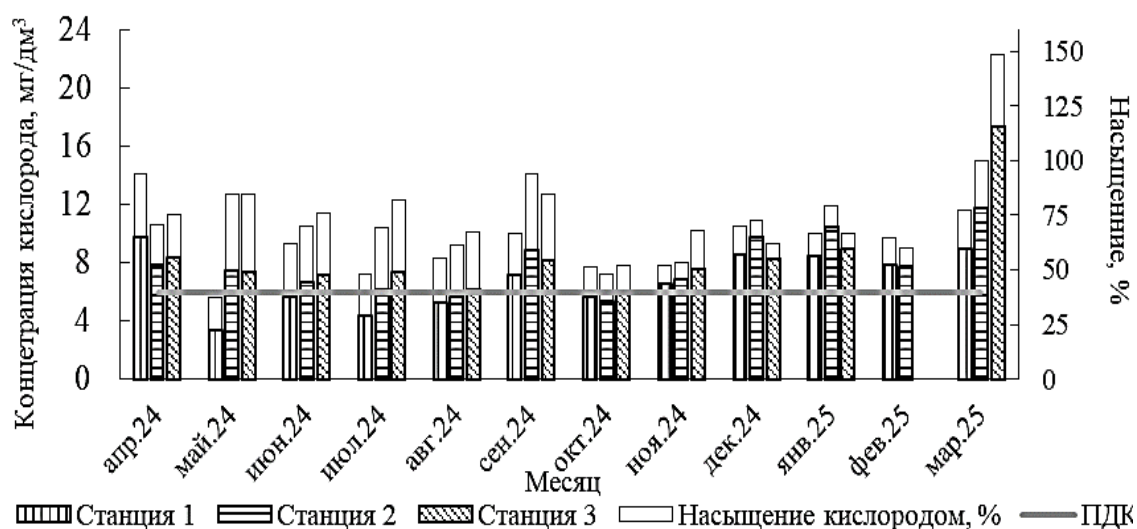


Рис. 2. Растворенный кислорода, мг/дм^3 , и степень насыщения им вод, %
Fig. 2. Dissolved oxygen, mg/dm^3 , and oxygen saturation, %

В водоеме наблюдается четко выраженный сезонный характер хода перманганатной окисляемости (рис. 3). Апрель характеризуется резким увеличением окисляемости (более 16 мгО/дм^3 – соответствует β -мезосапробной зоне и указывает на эвтрофное состояние водного объекта), что может быть связано с высокой биомассой фитопланктона и поступлением аллохтонного органического вещества с ливневыми стоками. Корреляционный анализ выявил статистически значимую инерционную зависимость ($r = 0,54$) между количеством атмосферных осадков и окисляемостью с временным лагом в 30 дней. В целом в весенне-летний период 2024 г. значения окисляемости снижаются с повышенной до малой. Аналогичная тенденция уменьшения величины перманганатной окисляемости прослеживается с января по март 2025 г. (от средней до малой).

В водоеме наблюдается пространственная неоднородность в распределении величины перманганатной окисляемости. Ст. 1 является своеобразной «горячей

точкой», где аккумулируется аллохтонный и автохтонный детрит и сохраняется стабильно более высокий уровень органического загрязнения по сравнению с другими участками акватории.

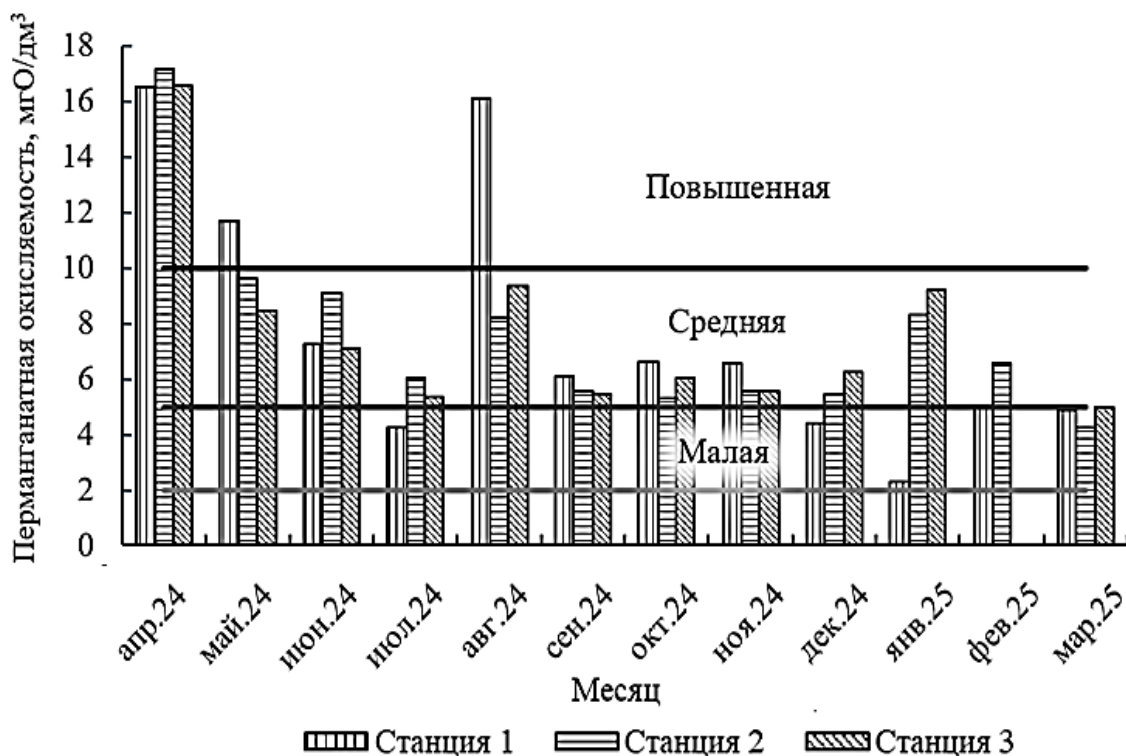


Рис. 3. Перманганатная окисляемость, мгО/дм³
Fig. 3. Permanganate index, mg O/dm³

Анализ биогенных элементов выявил доминирование восстановленных форм азота (рис. 4). В исследуемой аквэкосистеме нормальный сезонный ход аммонийного азота нарушен, его концентрации существенно превышают рыбохозяйственный ПДК на всех станциях в течение всего годового цикла, стабильно соответствуя полисапробной зоне («грязные воды»), а в периоды пиковых нагрузок (октябрь, февраль) – гиперсапробной. Содержание меняется скачкообразно, нет единообразия в пространственном распределении (повышенное содержание наблюдается как на ст. 1, так и на ст. 3). Хронически высокие концентрации элемента свидетельствуют о протекании процессов аммонификации в условиях недостатка кислорода, особенно в местах накопления органических илов на дне. Также на малых городских водоемах, где концентрация орнитофауны (например, кряквы) высока из-за подкормки жителями, их жизнедеятельность в условиях замедленного водообмена приводит к формированию устойчивого избытка биогенных веществ в водной толще и донных отложениях.

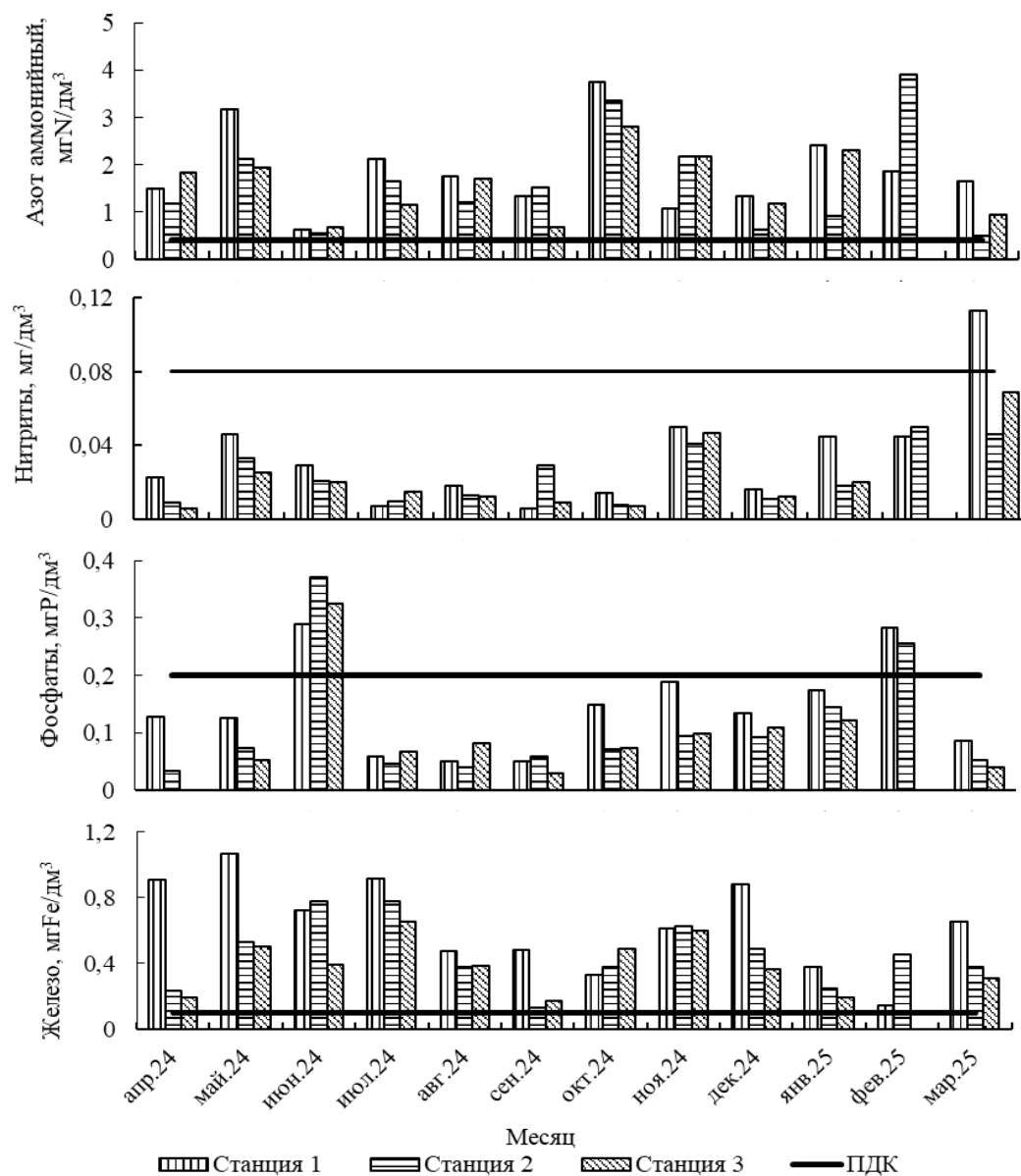


Рис. 4. Биогенные вещества, мг/дм³
Fig. 4. Nutrients, mg/dm³

Нитриты – неустойчивые компоненты, поэтому в незагрязненных поверхностных водах они присутствуют в незначительных количествах (до 0,01 мг/дм³), а их более высокое содержание в водах пруда и динамика подтверждают нарушение процесса нитрификации (рис. 4) [13, 14]. Превышение ПДК (0,08 мг/дм³) было зафиксировано только на ст. 1 в марте (более 0,11 мг/дм³). В остальное время содержание нитритов на всех станциях оставалось в пределах нормативных значений, варьируя от 0,01 до 0,05 мг/дм³. Характерно, что накопление нитритов наблюдается именно в зимне-весенний период (январь–март), что может быть связано с замедлением бактериального окисления аммония до нитратов из-за низких температур воды и наличия ледового покрова. Учитывая высокую токсичность нитритов для гидробионтов, их повышенное содержание зимой является неблагоприятным фактором для экосистемы пруда.

Содержание фосфатов превышает ПДК (для эвтрофных водоемов) только в отдельные месяцы (июнь, февраль), тогда как в течение года преимущественно соответствовало α -мезосапробной зоне (0,11–0,30 мг/дм³). В умеренных широтах часто наблюдается годовой максимум к концу зимы, годовой минимум – в конце весны – начале лета. В исследуемом пруду сохранение относительно низких концентраций фосфатов на фоне избытка аммонийного азота позволяет предположить, что фосфор является лимитирующим фактором первичной продукции, однако его низкая концентрация может быть обусловлена связыванием в труднорастворимые соединения с трехвалентным железом. На протяжении большей части исследования уровень фосфатов на ст. 1 более высокий (рис. 4).

Концентрация железа общего велика и повсеместно превышала ПДК (0,1 мгFe/дм³) в течение всего времени наблюдений, достигая максимума в весенний период. Повышенное содержание железа характерно для водоемов Калининграда [15, 16]. Высокий уровень железа, вероятно, имеет двойственную природу: с одной стороны, это влияние природных факторов (содержание общего железа в водоеме обнаруживает устойчивую прямую зависимость от интенсивности атмосферных осадков, $r = 0,51$), с другой – смыв соединений железа с урбанизированной территории (коррозия сетей, строительный мусор) [17]. Наибольшие концентрации железа отмечены в северной части пруда, в зоне влияния водовыпуска (рис. 4).

Наблюдается умеренная положительная тенденция ($r = 0,35$) между сезонными пиками содержания железа и окисляемости, что согласуется с гипотезой о совместном выносе железосодержащих частиц и органических веществ в составе поверхностного стока. Однако статистическая значимость корреляции не достигнута, что может быть связано с малым числом наблюдений ($n = 12$) и высокой вариабельностью данных.

Альгологическая характеристика

Альгоценоз водоема характеризуется преобладанием трех отделов: зеленые (*Chlorophyta*), диатомовые (*Bacillariophyta*) и цианобактерии (*Cyanoprokaryota*). Стабильно в меньшей степени обнаруживаются представители отделов эвгленовые (*Euglenophyta*) и криптофитовые (*Cryptophyta*), в то время как желто-зеленые (*Xanthophyta*) и стрептофитовые (*Streptophyta*) водоросли встречаются спорадически.

В отделе криптофитовых наиболее часто встречающимися являлись представители рода *Cryptomonas* и *Komma caudata* (L.Geitler). В диатомовом комплексе на протяжении всего вегетационного периода основу сообщества формировали пеннатные формы, относящиеся к родам *Nitzschia*, *Navicula* и *Fragilaria*. Отдел зеленых водорослей отличался значительным таксономическим разнообразием. Наиболее многочисленными являлись виды родов *Chlamydomonas*, *Scenedesmus* и *Monoraphidium*. В составе цианопрокариот в периоды летнего прогрева выделялись нитчатые формы (*Limnothrix* spp. и *Oscillatoria* spp.). Общей чертой выявленной флоры является то, что основная масса обнаруженных видов относится к группе космополитов, широко распространенных в пресноводных водоемах умеренной широты [18, 19].

Пространственное распределение фитопланктона и показатели его развития (численность и биомасса) демонстрируют значительную гетерогенность, что коррелирует с особенностями гидрологического режима водоема. Ранее отмеченные значительные колебания концентраций биогенных веществ создают благоприятные условия для развития толерантных к загрязнению групп водорослей. Кроме того, влияет сезонность развития видов [19].

Численность фитопланктона колебалась в широких пределах – от 3,02 до 61,86 млн кл./дм³. На ст. 1, характеризующейся наибольшим загрязнением, практически во все месяцы количественно доминировали цианобактерии. Их доля в общей численности достигала 65–88 % в отдельные месяцы. В августе здесь явно преобладали зеленые водоросли (47,01 млн кл./дм³ – 75,9 % в общей численности альгоценоза). Осенью доля криптононад на всех станциях наблюдения возрастала в среднем до 39 % по всему водоему (рис. 5).

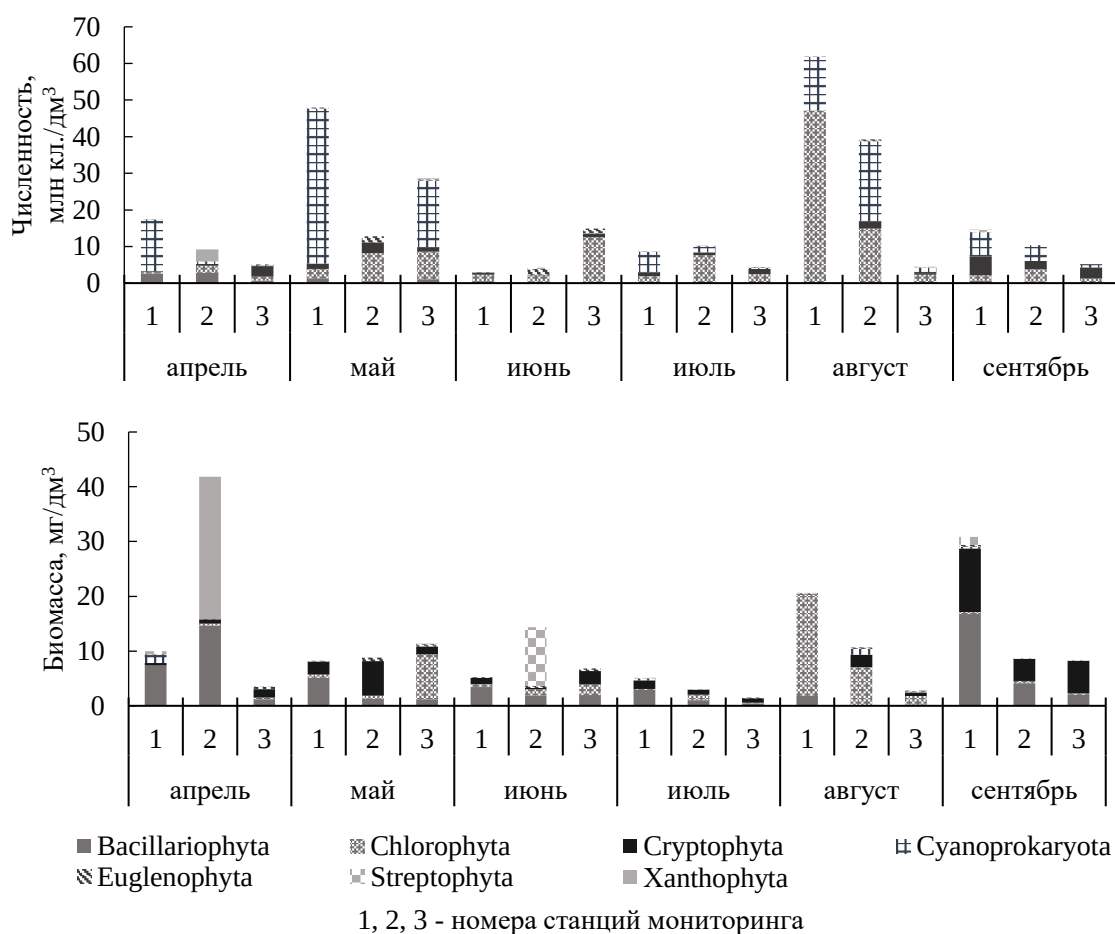


Рис. 5. Численность и биомасса фитопланктона за период мониторинга
Fig. 5. Phytoplankton abundance and biomass during the monitoring period

В изменении биомассы фитопланктона выделены два пика: весенний – апрель (18,4 мг/дм³) – и позднелетний (11,4 мг/дм³), плавно переходящий в осенний (15,9 мг/дм³), что согласуется с классической моделью развития фитопланктона в

умеренных широтах. Минимальные показатели биомассы сообщества наблюдались в июле.

Анализ общей биомассы фитопланктона выявил четкую сезонную смену доминирующих комплексов. На ст. 1 на протяжении большинства месяцев наблюдения, кроме августа, структуру фитопланктона определяли диатомовые водоросли, их доля варьировала от 54 до 73 % от общей биомассы (рис. 5). Значительный вклад в показатель (в среднем более 30 %) на всех трех станциях мониторинга обусловлен их способностью к прикрепленному образу жизни в условиях динамичной среды и может быть следствием условий отбора проб на прибрежных станциях.

В августе–сентябре наблюдалась смена доминирующего комплекса: на всех станциях мониторинга зафиксировано массовое развитие зеленых водорослей, сменившееся осенью криптомонадами. Вклад зеленых в общую биомассу в августе варьировал от 89 % на ст. 1 до 51 % на ст. 3. Криптофитовые в сентябре, напротив, увеличивали свою долю в обратном направлении с юга на север – от 38 до 72 %. Это свидетельствует о смене абиотических условий в водоеме в конце лета, когда повышенные температуры и накопление органических веществ способствуют экспансии сначала Chlorophyta, а затем, с охлаждением воды и началом процесса перемешивания, Cryptophyta. Регистрировались локальные вспышки развития отдельных таксонов. В июне на ст. 2 отмечено преобладание в биомассе стрептофитовых водорослей за счет *Mougeotia sp.* Аналогично, в апреле на той же станции отмечалось локальное доминирование желто-зеленых водорослей *Tribonema sp.*

В июле, августе и сентябре выявлена четкая тенденция снижения общей биомассы фитопланктона в направлении с севера на юг (от ст. 1 к ст. 3). По мере движения воды от северной части пруда к южной в эти месяцы, вероятно, происходит естественное потребление биогенных веществ живыми организмами и их оседание в донные отложения, вследствие чего к ст. 3 питательные вещества поступают в меньшем количестве. Это подтверждается данными гидрохимического анализа за весь рассматриваемый период 2024–2025 гг.

Рассчитанные коэффициенты корреляции демонстрируют умеренное и сильное отрицательное влияние осадков (–0,71 по биомассе и –0,41 по численности) на обе количественные характеристики фитопланктона, однако статистическая достоверность составила $p = 0,09$, что скорее указывает на тенденцию, чем на выявленную линейную зависимость. Очевидно, что в периоды выпадения обильных осадков (например, в июле) биомасса и численность фитопланктона в пруду закономерно снижаются.

Согласно критериям категории трофности по средней биомассе ($11,2 \pm 2,7$ мг/дм³) водоем можно отнести к эвтрофному, что характеризует пруд в Парке Победы как водный объект с высоким уровнем органического загрязнения [12, 20].

ВЫВОДЫ

Согласно данным гидрохимического и альгологического мониторинга, воды пруда по большинству исследованных параметров относятся к категории эвтрофных, β-мезосапробных. На экологическое неблагополучие указывают режим растворенного кислорода, превышение концентраций загрязняющих веществ по

биогенным элементам, стимулирующих интенсивное развитие альгоценоза, структура которого претерпевает выраженные сезонные изменения. Для фитопланктона характерна высокая пространственная и временная неоднородность. Это подтверждается колебаниями величин численности и биомассы фитопланктона (6–61 млн кл./дм³ и 1,5–41,9 мг/дм³). Количественно доминируют зеленые, диатомовые, цианобактерии и криптомонады, среди которых преобладают виды-космополиты, устойчивые к колебаниям факторов среды.

Северная часть пруда (ст. 1) подвергается максимальной нагрузке, в результате чего здесь наблюдается наиболее напряженная экологическая ситуация. Вероятной причиной является активное поступление биогенных элементов и, возможно, аллохтонного фитопланктона с выпадающими в северной части акватории водами.

Обнаруженные зависимости между атмосферными осадками и концентрацией железа ($r = 0,51$), уровнем органического загрязнения ($r = 0,54$ с лагом 30 дней) и количественными характеристиками фитопланктона ($r_b = -0,71$, $r_n = -0,41$) позволяют предположить наличие взаимосвязи между поверхностным стоком и формированием качества воды в исследуемом городском пруду.

Список источников

1. Ecosystem services provided by urban ponds and green spaces: a detailed study of a semi-natural site with global importance for research / V. Krivtsov, A. Arthur, S. Z. Zakeri [et al.]. – DOI: 10.2166/bgs.2022.021 // Blue-Green Systems. – 2022. – Vol. 4, № 1. – P. 1–23.
2. Oertli, B. Toward management of urban ponds for freshwater biodiversity: review / B. Oertli, K. Parris. – DOI: 10.1002/ecs2.2810 // Ecosphere. – 2019. – Vol. 10, № 7. – P. 1–33.
3. Hassall, C. The ecology and biodiversity of urban ponds / C. Hassall. – DOI: 10.1002/wat2.1014 // Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. – 2014. – Vol. 1, № 2. – P. 187–206.
4. Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes / M. Hill, J. Biggs, I. Thornhill [et al.]. – DOI: 10.1111/gcb.13401 // Global Change Biology. – 2017. – Vol. 23, № 3. – P. 986–999.
5. Challenges of urban artificial landscape water bodies: treatment techniques and restoration strategies towards ecosystem services enhancement / O. Addo-Bankas, Y. Zhao, A. Gómez, A. Stefanakis. – DOI: 10.3390/pr10122486 // Processes. – 2022. – Vol. 10, № 12. – P. 1–11.
6. Assessing biodiversity and regulatory ecosystem services in urban water bodies which serve as aqua-nature-based solutions / S. Martín Muñoz, J. L. Arlandis, J. M. Soria [et al.]. – DOI: 10.3389/fenvs.2023.1304347 // Frontiers in Environmental Science. – 2024. – Vol. 11. – P. 1–14.
7. Sink–source characteristics of carbon and nitrogen in four typical urban water bodies within a medium-sized city of East China / S. Xie, W. Gao, J. Sun [et al.]. – DOI: 10.3390/app15031434 // Applied Sciences. – 2025. – Vol. 15, № 3. – P. 1–14.
8. Ecological restoration for eutrophication mitigation in urban interconnected water bodies: evaluation, variability and strategy / L. Wang, X. Hu, H. Zhang [et al.]. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121475 // Journal of Environmental Management. – 2024. – Vol. 365.

9. Marques, P. Ecosystem functions in urban stormwater management ponds: a scoping review / P. Marques, N. Mandrak. – DOI: 10.3390/su16177766 // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 17. – P. 1–15.
10. Методы гидробиологических исследований внутренних вод / А. В. Крылов, А. А. Прокин, А. С. Кулизин [и др.]. – Борок; Ярославль: Филигрань, 2024. – 592 с.
11. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 318 с.
12. Китаев, С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / С. П. Китаев. – Москва: Наука, 1984. – 207 с.
13. Никаноров, А. М. Гидрохимия / А. М. Никаноров. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001. – 447 с.
14. Wetzel, R. G. Limnology: lake and river ecosystems / R. G. Wetzel. – DOI: 10.1016/C2009-0-02112-6. – Academic Press, 2001. – 1006 p.
15. Экологическое состояние водоемов городской черты Калининграда на разных этапах благоустройства / Е. А. Севостьянова, Е. Д. Кухарук, В. В. Моисеенко, Н. А. Цупикова. – DOI: 10.17217/2079-0333-2024-68-75-88 // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2024. – № 68. – С. 75–88.
16. Цупикова, Н. А. Некоторые гидролого-гидрохимические особенности и проблемы малых городских прудов на примере пруда Поплавок / Н. А. Цупикова, Е. А. Севостьянова. – DOI: 10.46845/1997-3071-2021-62-50-64 // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2021. – № 62. – С. 50–64.
17. Pochodyła-Ducka, E. Changes in storm-water quality and heavy metals content along the rainfall–runoff process in an urban catchment / E. Pochodyła-Ducka, K. Glińska-Lewczuk, A. Jaszczak. – DOI: 10.3390/w15193505 // Water. – 2023. – Vol. 15 (19). – Article number: 3505.
18. Padisák, J. Phycogeography of freshwater phytoplankton: traditional knowledge and new molecular tools / J. Padisák, G. Vasas, G. Borics. – DOI: 10.1007/s10750-015-2259-4 // Hydrobiologia. – 2015. – Vol. 764. – P. 3–27.
19. Трифонова, И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона / И. С. Трифонова. – Ленинград: Наука, 1990. – 184 с.
20. Неверова-Дзиопак, Е. Оценка трофического состояния поверхностных вод: моногр. / Е. Неверова-Дзиопак, Л. И. Цветкова. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГАСУ, 2020. – 176 с.

References

1. Ecosystem services provided by urban ponds and green spaces: a detailed study of a semi-natural site with global importance for research / V. Krivtsov, H. Forbes, S. Birkinshaw [et al.]. – DOI: 10.2166/bgs.2022.021 // Blue-Green Systems. – 2022. – Vol. 4, № 1. – P. 1–23.
2. Oertli, B. Toward management of urban ponds for freshwater biodiversity: Review / B. Oertli, K. Parris. – DOI: 10.1002/ecs2.2810 // Ecosphere. – 2019. – Vol. 10, № 7. – P. 1–33.

3. Hassall, C. The ecology and biodiversity of urban ponds / C. Hassall. – DOI: 10.1002/wat2.1014 // Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. – 2014. – Vol. 1, № 2. – P. 187–206.
4. Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes / M. Hill, J. Biggs, I. Thornhill [et al.]. – DOI: 10.1111/gcb.13401 // Global Change Biology. – 2017. – Vol. 23, № 3. – P. 986–999.
5. Challenges of urban artificial landscape water bodies: treatment techniques and restoration strategies towards ecosystem services enhancement / O. Addo-Bankas, Y. Zhao, A. Gomes, A. Stefanakis. – DOI: 10.3390/pr10122486 // Processes. – 2022. – Vol. 10, № 12. – P. 1–11.
6. Assessing biodiversity and regulatory ecosystem services in urban water bodies which serve as aqua-nature-based solutions / S. Muñoz, J. Schoelynck, D. Tetzlaff [et al.]. – DOI: 10.3389/fenvs.2023.1304347 // Frontiers in Environmental Science. – 2024. – Vol. 11. – P. 1–14.
7. Sink-source characteristics of carbon and nitrogen in four typical urban water bodies within a medium-sized city of East China / S. Xie, S. Yang, Y. Deng [et al.]. – DOI: 10.3390/app15031434 // Applied Sciences. – 2025. – Vol. 15, № 3. – P. 1–14.
8. Ecological restoration for eutrophication mitigation in urban interconnected water bodies: evaluation, variability and strategy / L. Wang, X. Hu, H. Zhang [et al.]. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121475 // Journal of Environmental Management. – 2024. – Vol. 365.
9. Marques, P. Ecosystem functions in urban stormwater management ponds: a scoping review / P. Marques, N. Mandrak. – DOI: 10.3390/su16177766 // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 17. – P. 1–15.
10. Methods of hydrobiological studies of inland waters / A. V. Krylov, A. A. Prokin, A. S. Kulizin [et al.]; ed. A. V. Krylov. – Borok; Yaroslavl: Filigran Publ., 2024. – 592 p.
11. Guide to methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments / ed. V. A. Abakumov. – Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1983. – 318 p.
12. Kitaev, S. P. Ecological foundations of the bioproductivity of lakes in different natural zones / S. P. Kitaev. – Moscow: Nauka Publ., 1984. – 207 p.
13. Nikanorov, A. M. Hydrochemistry / A. M. Nikanorov. – Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 2001. – 447 p.
14. Wetzel, R. G. Limnology: lake and river ecosystems / R. G. Wetzel. – DOI: 10.1016/C2009-0-02112-6. – Academic Press, 2001. – 1006 p.
15. The ecological state of the water bodies in the urban area of Kaliningrad at different stages of improvement / E. A. Sevost'yanova, E. D. Kukharuk, V. V. Moiseenko, N. A. Tsupikova. – DOI: 10.17217/2079-0333-2024-68-75-88 // Bulletin of Kamchatka State Technical University. – 2024. – № 68. – P. 75–88.
16. Tsupikova, N. A. Some hydrological and hydrochemical features and problems of small urban ponds, using the example of the Poplavok pond / N. A. Tsupikova, E. A. Sevost'yanova. – DOI: 10.46845/1997-3071-2021-62-50-64 // Izvestiya KGTU. – 2021. – № 62. – P. 50–64.
17. Pochodyła-Ducka, E. Changes in storm-water quality and heavy metals content along the rainfall–runoff process in an urban catchment / E. Pochodyła-Ducka, K. Glińska-Lewczuk, A. Jaszczak. – DOI: 10.3390/w15193505 // Water. – 2023. – Vol. 15 (19). – Article number: 3505.

18. Padisák, J. Phycogeography of freshwater phytoplankton: traditional knowledge and new molecular tools / J. Padisák, G. Vasas, G. Borics. – DOI: 10.1007/s10750-015-2259-4 // Hydrobiologia. – 2015. – Vol. 764. – P. 3–27.

19. Trifonova, I. S. Ecology and succession of lake phytoplankton / I. S. Trifonova. – Leningrad: Nauka Publ., 1990. – 184 p.

20. Neverova-Dziopak, E. Assessment of trophic status of surface waters: monograph / E. Neverova-Dziopak, L. I. Tsvetkova. – Saint-Petersburg: SPbGASU Publ., 2020. – 176 p.

Информация об авторах

Н. А. Цупикова – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Е. А. Севостьянова – кандидат биологических наук, ведущий инженер кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

А. Е. Погодина – студент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

А. В. Рудских – студент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Information about the authors

N. A. Tsupikova – Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

E. A. Sevostyanova – Candidate of Biological sciences, lead engineer of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

A. E. Pogodina – student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

A. V. Rudskikh – student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article

The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 24.02.2026; одобрена после рецензирования 01.04.2026; принята к публикации 16.04.2026.

The article was submitted 24.02.2026; approved after reviewing 01.04.2026; accepted for publication 16.04.2026.