

УДК 504.064.2

Анализ и оценка качества поверхностных вод Приозерского района Ленинградской области

А. В. Харламова, П. А. Белова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Харламова А. В., Белова П. А. Анализ и оценка качества поверхностных вод Приозерского района Ленинградской области // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 2. — С. 404–413. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-404-413

Аннотация

Цель: Изучение показателей качества воды поверхностных водных объектов Приозерского района Ленинградской области с помощью лабораторных исследований, а также оценка экологического состояния водных источников по различным интегральным характеристикам загрязненности поверхностных вод. Определить показатели качества поверхностных вод культурно-бытового назначения в лабораторных условиях. Оценить экологическое состояние загрязненного водоема по расчетным интегральным показателям: индекса загрязненности водоема, индекса оценки трофического состояния и удельного комбинаторного индекса загрязненности поверхностных вод. Рассмотреть возможные варианты улучшения экологической ситуации исследуемых водных объектов. **Методы:** Отбор проб воды из пяти водных объектов Приозерского района Ленинградской области для дальнейших лабораторных исследований. Анализ отобранных проб из водных источников для определения состава поверхностных вод на наличие загрязняющих веществ и параметров качества воды с помощью стандартизированных методик. Сопоставление полученных результатов с нормами предельно допустимых концентраций для заданных показателей. **Результаты:** Установлено, что в трех из пяти исследованных водных объектах обнаруживаются превышения нормативных значений по нескольким показателям. Выбран один из загрязненных водных источников — река Вуокса — для дальнейшего расчета интегральных показателей качества поверхностных вод. Дана оценка экологического состояния данного водного объекта по трем расчетным индексам. Предложены мероприятия по улучшению экологической обстановки водных объектов региона. **Практическая значимость:** Показано, что недостаточно исследованные водные объекты Приозерского района Ленинградской области в целом удовлетворяют нормативам качества поверхностных вод, однако некоторые объекты все-таки относятся к категории умеренно загрязненных, что требует дальнейшего более углубленного изучения их состояния с целью предотвращения увеличения загрязнения.

Ключевые слова: Водный объект, поверхностные воды, загрязнение, гидрохимический показатель, интегральный показатель качества, индекс загрязнения водного объекта, удельный комбинаторный индекс загрязнения, индекс трофического состояния, класс качества воды.

Введение

Загрязнение поверхностных вод биосферы относится к глобальным экологическим проблемам. В настоящий момент наблюдается интенсификация промышленного производства, приводящая к увеличению темпов загрязнения водных

объектов, а также изъятию значительных объемов пресной воды из окружающей природной среды.

Уже сегодня дефицит питьевой воды прослеживается у 40 % населения планеты. Потребление воды на одного человека в сутки может колебаться от 5 до 800 литров. Кроме того, в

водные источники, используемые для питьевого и культурно-бытового назначений, происходит сброс неочищенных сточных вод от объектов различных отраслей промышленности, а также осуществляется сплав коммунальной канализации.

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, к вододефицитным регионам относятся: республики Крым, Калмыкия, Ингушетия, Белгородская, Курганская и Курская области [1]. Субъектами Российской Федерации, в которых присутствует загрязнение пресной воды, культурно-бытового назначения, являются: Белгородская, Калининградская, Новгородская, Мурманская области, Кольский полуостров [1].

Ленинградская область не относится к регионам, в которых прослеживается дефицит водных ресурсов. Но тем не менее важно рационально использовать имеющийся потенциал, так как данный регион занимает второе место по общему забору воды среди субъектов Российской Федерации и первое место по объему использования свежей воды [1].

На территории области расположено самое крупное пресноводное озеро Европы — Ладожское озеро. В конце двадцатого века был закрыт Приозерский целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК), стоки которого попадали в Ладожское озеро из близлежащих заливов. Негативное влияние комбината пагубно сказалось на здоровье населения, повысилась смертность, в том числе детская. Влияние неочищенных отходов ЦБК, накопленных в заливе Темном, и в настоящее время распространяется до водозабора г. Приозерска и может оказывать негативный эффект на здоровье населения [2]. Ввиду этого необходимо обеспечивать постоянным наблюдением состояние озеро-речных систем, так как загрязнение одного водного объекта незамедлительно приводит к загрязнению прочих.

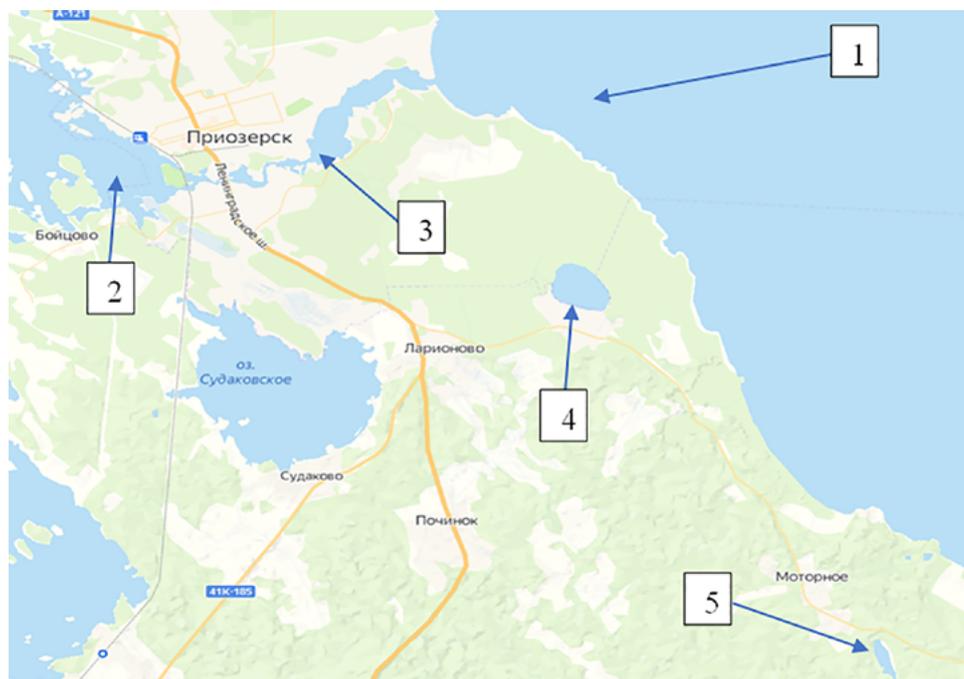
Актуальность

Исследованию вопросов экологического состояния водных ресурсов Ленинградской области посвящено большое количество работ. Так, в работах [3, 4] определена динамика состояния бактериопланктона Щучьего залива Ладожского озера после закрытия Приозерского ЦБК, а также была дана экологическая оценка качества вод литоральной зоны Ладожского озера по результатам микробиологических исследований. Было изучено состояние поверхностных вод Ленинградской области [5]. Основной интерес для исследователей представляло именно Ладожское озеро, так как оно является важным стратегическим водным объектом. Кроме того, в Ладожское озеро впадает 35 крупных притоков — рек, а в целом в бассейне Ладожского озера расположено более 50 тысяч озер и 3500 рек с длиной русла более 10 км. То есть по состоянию Ладожского озера можно понять, на каком экологическом уровне находятся реки и близлежащие к нему озера [5].

К тому же без внимания не осталась река Вуокса. Многими авторами были отмечены превышения нормативов по большинству химических показателей качества воды, таких как рН, БПК, железо, медь, цинк [6–10]. Однако в данных научных работах при анализе состояния водных объектов учитывался только один источник, на основании чего впоследствии делались выводы относительно всего региона.

Комплексных оценок по районам не проводилось. Без внимания осталось большинство водных объектов. Поэтому в данной научной работе был выполнен анализ показателей качества и дана оценка экологическому состоянию поверхностных вод Приозерского района Ленинградской области.

Цель работы состояла в изучении показателей качества воды поверхностных водных объектов Приозерского района Ленинградской



Объекты лабораторных анализов:

1 — озеро Ладожское; 2 — озеро Вуокса; 3 — река Вуокса;
4 — озеро Снетковское; 5 — озеро Воробьево

области с помощью лабораторных исследований, а также оценке экологического состояния водных источников по различным интегральным характеристикам загрязненности поверхностных вод.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Определить показатели качества поверхностных вод культурно-бытового назначения в лабораторных условиях.

2. Оценить экологическое состояние загрязненного водоема по расчетным интегральным показателям: индекса загрязненности водоема, индекса оценки трофического состояния и удельного комбинаторного индекса загрязненности поверхностных вод.

Объект исследования

Для исследований был выбран Приозерский район Ленинградской области, так как на его территории находится большое количество водных

объектов. Для лабораторных анализов были выбраны: Ладожское озеро, озеро Вуокса, Снетковское озеро, Воробьево озеро и река Вуокса (рисунок).

Водные ресурсы Приозерского района используются для деревообрабатывающей промышленности и хозяйственных нужд. Река Нева, образуемая с Ладожским озером озеро-речную систему, обеспечивает водой город федерального значения — Санкт-Петербург.

Методы исследований

Отбор проб для дальнейших лабораторных исследований был выполнен в соответствии с действующими государственными стандартами и осуществлялся осенью 2022 г. Для гидрохимического анализа вода была отобрана у берегов реки Вуоксы, на расстоянии 30–40 см выше дна. С целью изучения состава вод озер пробы отбирались на удалении от берега, на расстоянии 50 см от поверхности [11].

ТАБЛИЦА 1. Результаты гидрохимического лабораторного анализа поверхностных вод Приозерского района Ленинградской области

Наименование параметра	Ладожское озеро	Вуокса река	Вуокса озеро	Снетковское озеро	Воробьево озеро	ПДК
Цветность (градус цветности)	38	46	29	12	14	20
Мутность, мг/дм ³	0,63	0,81	< 0,58	< 0,58	< 0,58	2
pH (водородный показатель)	6,7	6,4	6,5	6,4	6,6	6,5–8,5
Окисляемость, мг/дм ³	6,9	9,6	6,8	6,1	3,7	5
Железо общее, мг/дм ³	0,31	0,65	0,46	< 0,1	0,18	0,3
Нитриты, мг/дм ³	0,019	0,03	0,02	< 0,02	0,02	3
Нитраты, мг/дм ³	0,8	–0,2	0,9	–0,4	–0,4	45
Аммиак, мг/дм ³	0,15	1,26	0,3	< 0,05	< 0,05	2
Хлориды, мг/дм ³	5,2	10,8	10,2	6,1	1,7	350
Сульфаты, мг/дм ³	13,4	13,8	14,6	8	7,5	500
Жесткость (градус жесткости)	1,4	2,2	1,4	1,2	0,8	7
Растворенный кислород, мг/дм ³	—	10,4	—	—	—	> 4
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	—	< 1	—	—	—	< 4

ТАБЛИЦА 2. Оценка экологического состояния вод реки Вуоксы по различным интегральным показателям

Интегральные показатели	Значение	Оценка экологического состояния
ИЗВ	1,64	Вода умеренно загрязненная, 3 класс качества воды
УКИЗВ	0,7	Вода слабозагрязненная, 2 класс качества воды
ИТС	7,56	Мезотрофный трофический класс водоема, умеренный уровень биологической продуктивности, «удовлетворительное» качество воды

При анализе отобранных проб из водных источников Приозерского района был определен состав поверхностных вод на наличие загрязняющих веществ и параметров качества воды с помощью стандартизированных методик [12–21]. Нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) для заданных показателей были взяты из СанПин 1.2.3684—21 и СанПин 1.2.3685—21 [22, 23].

Основные результаты гидрохимического лабораторного анализа показателей качества поверхностных вод исследованных водных объектов Приозерского района представлены в табл. 1. Как видно, в трех водных источниках присутствуют превышения по параметру «окисляемость». Окисляемость — это показатель, который характеризует присутствие в воде минеральных и органических веществ. Источниками окисляемости являются как природные, так и

техногенные факторы. Органические вещества в чистом виде не представляют угрозы для здоровья и жизни человека, но они крайне вредны при взаимодействии с железом и марганцем, негативно влияющими на пищеварительную и эндокринную системы человека.

Также обнаруживаются превышения по содержанию железа в Ладожском озере, реке Вуоксе и озере Вуокса. Железо попадает в воду естественным путем или из-за антропогенного воздействия, например стоки предприятий или наличие старых водопроводных труб. Вода, у которой повышенное содержание железа, обладает металлическим привкусом и запахом, приобретает бурую окраску. Железо, растворенное в воде, не усваивается организмом. Оно увеличивает нагрузку на процесс пищеварения и работу почек. Избыток железа в водных источниках может поражать

слизистые, приводят к аллергическим реакциям со стороны организма.

Цветность воды характеризует окраску воды. Водные источники Ленинградской области располагаются в зоне торфяников, чье влияние ведет к появлению желтоватого цвета. Также цветность зависит от количества в воде железа и органических соединений.

Остальные параметры находятся в пределах допустимых значений для данных показателей. Таким образом, воды озер Снетковское и Воробьево полностью удовлетворяют нормативам по гидрохимическому составу и в дальнейших исследованиях не участвовали.

Особое внимание было уделено реке Вуоксе, так как она является связующим звеном между двумя озерами — Ладожским и озером Вуокса, где некоторые показатели не соответствовали нормативным значениям. Это может быть вызвано тем, что в данный водный объект происходит сток неочищенных вод с завода и общесплавной канализации.

По полученным результатам лабораторных исследований была дана оценка экологического состояния реки Вуоксы. В качестве интегральной характеристики загрязненности вод реки Вуоксы использовались классы качества воды, оцениваемые по величинам «индекса загрязненности воды» (ИЗВ), а также система оценки качества поверхностных вод — «удельный комбинаторный индекс загрязненности воды» (УКИЗВ). Кроме того, был рассчитан индекс оценки трофического состояния (ИТС) водоема [24]. Полученные расчетные значения представлены в табл. 2.

Индекс загрязненности водоема рассчитывался по шести показателям, два из которых растворенный кислород и БПК₅, остальные четыре показателя могут быть любыми, но они должны превышать норму ПДК. Для расчета индекса были взяты такие параметры: растворенный кислород, БПК₅, окисляемость, железо, цветность, аммиак.

В расчете УКИЗВ участвовали: повторяемость случаев загрязненности (частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК), среднее значение кратности превышения ПДК (среднее значение результатов анализа проб, которые превышали ПДК, без учета проб, не превышавших ПДК). По каждому из этих показателей определялись частные оценочные баллы ($S\alpha$ и $S\beta$) — условные величины. Произведение оценочных баллов является обобщенным оценочным баллом (S). Сумма обобщенных оценочных баллов по всем показателям является комбинаторным индексом загрязненности воды (КИЗВ). УКИЗВ вычисляется как отношение КИЗВ к количеству показателей, участвовавших в его оценке. Расчетное значение указывает на то, что по данному индексу оценивания воды реки Вуоксы относятся к слабо загрязненным и соответствуют 2 классу качества.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что река Вуокса умеренно загрязненная, соответствует 3 классу качества вод. Такие результаты находятся в соответствии с данными, представленными в отчете об экологической ситуации в Ленинградской области в 2021 году и по другим водным объектам региона [25].

Индекс трофического состояния — это система классификации, разработанная для оценки водных объектов на основе величины биологической продуктивности, которую они поддерживают. Индекс трофического состояния водоема рассчитывается по значениям рН и растворенного кислорода [24].

Данный индекс показывает, что река Вуокса соответствует мезотрофному трофическому классу водоема, имеет умеренный уровень биологической продуктивности, «удовлетворительное» качество воды.

После изучения полученных результатов необходимо понять, какие факторы являются источниками загрязнения. На примере данных водных объектов можно выделить деревообрабатывающее предприятие на берегу Ладожского озера и

утечку неочищенных коммунальных стоков в реку Вуоксу.

Анализ существующих методов устранения выявленных загрязнений, с целью улучшения экологического состояния загрязненных водных объектов, позволил выделить следующие организационно-технические мероприятия [26]:

- изменение технологических процессов в сторону ресурсосберегающих, малоотходных;
- канализование населенных пунктов;
- санитарная очистка водного объекта;
- повторное использование сточных вод;
- очистка сточных вод.

Однако существующие методы санитарной очистки загрязненных водных объектов являются очень дорогостоящими и практически не применяются для озер с большой площадью водной поверхности. Кроме того, использование данных методов не дает должного эффекта снижения антропогенной нагрузки, ведь они борются только с последствием, а не с источником загрязнений.

Таким образом, в данном случае стоит сделать упор на проведение более качественной очистки сточных вод перед сбросом в водный объект, а также герметизацию канализационных систем населенных пунктов Приозерского района Ленинградской области.

Выводы

1. Водные объекты Приозерского района Ленинградской области, которые расположены вдали от городов, поселков, среди леса (озера Снетковское и Воробьево), имеют более благоприятную экологическую обстановку, чем те, которые располагаются близ населенных пунктов.

2. Исследования показали, что 3 водных объекта из 5 имеют превышения по различным показателям качества вод. Среди этих параметров находится окисляемость воды, что может негативно влиять на эндокринную систему человека.

Превышение в показателе цветности свидетельствует о том, что вода имеет желтоватый оттенок, повышенный уровень железа в воде может повлечь аллергические реакции. Таким образом, она не пригодна к использованию в питьевых целях.

3. Проведенные расчеты индекса загрязненности водоема, индекса оценки трофического состояния, удельного комбинаторного индекса загрязненности показали, что река Вуокса по своему экологическому состоянию относится к умеренно загрязненным водным объектам со средним уровнем биологической продуктивности. Таким образом, есть необходимость более углубленного изучения состояния данного водного объекта с разработкой мероприятий по предотвращению увеличения его загрязнения.

4. Приоритетными методами по улучшению экологического состояния водных объектов Приозерского района Ленинградской области следует считать повышение качества очистки сточных вод предприятий и коммунальной сферы, а также герметизацию канализационных систем населенных пунктов региона с целью предотвращения утечки фекальных стоков.

Библиографический список

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации: государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году». — М.: НИИ-Природа, 2017. — 300 с.
2. Сунцова Е. Б. Комплексная оценка экологического состояния природных объектов после закрытия предприятий целлюлозно-бумажной промышленности: диссертация / Е. Б. Сунцова. — СПб., 2003. — 183 с.
3. Митрукова Г. Г. Динамика состояния бактериопланктона Щучьего залива Ладожского озера после закрытия Приозерского ЦБК / Г. Г. Митрукова, Л. Л. Капустин, Е. А. Курашов // Вода и экология: проблемы и решения. — СПб., 2021. — № 3(87). — С. 66–74.

4. Митрукова Г. Г. Экологическая оценка качества вод литоральной зоны Ладожского озера по результатам микробиологических исследований / Г. Г. Митрукова, Л. Л. Капустин, Е. А. Курашов // Гидробиология. — СПб., 2020. — С. 88–100.
5. Крылова Ю. В. Оценка экологического состояния литоральной зоны Ладожского озера по результатам исследований 2019 года / Ю. В. Крылова, Е. А. Курашов, А. М. Пономаренко // Труды Карельского научного центра РАН. — СПб., 2022. — № 6. С. 102–120.
6. ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Качество вод поверхностных водных объектов в декабре 2020 г. — СПб., 2021.
7. Ахтямов Р. Г. Оценка и пути уменьшения экологической опасности объектов автотранспортной инфраструктуры урбанизированной территории: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Р. Г. Ахтямов. — Казань: Казанский государственный технологический университет, 2009. — 19 с.
8. Ахтямов Р. Г. Разработка методики выявления потенциально опасных объектов / Р. Г. Ахтямов, Н. С. Сенюшкин, А. В. Суханов // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2011. — Т. 7. — № 5. — С. 192–197.
9. Ахтямов Р. Г. Подходы к оценке критического срока эксплуатации технологического оборудования на опасных производственных объектах / Р. Г. Ахтямов, А. Н. Елизарьев, Н. С. Сенюшкин и др. // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 5. — С. 122.
10. Елизарьев А. Н. Современные технологии защиты объектов транспортной инфраструктуры на основе моделирования опасных ситуаций / А. Н. Елизарьев, Р. Г. Ахтямов, С. Г. Аксенов и др. // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 10(214). — С. 23–28.
11. ГОСТ Р 59024—2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Вода. Общие требования к отбору проб.
12. ГОСТ Р 55684—2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости.
13. ГОСТ 4011—72. Межгосударственный стандарт. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
14. ГОСТ Р 57164—2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности.
15. ГОСТ 23268.8—78. Межгосударственный стандарт. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения нитрит-ионов.
16. ГОСТ 33045—2014. Межгосударственный стандарт. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ.
17. ГОСТ 23268.17—78. Межгосударственный стандарт. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения хлорид-ионов.
18. ГОСТ 34774—2021. Межгосударственный стандарт. Вода питьевая. Вода подготовленная (исправленная) для изготовления алкогольной продукции. Определение рН потенциометрическим методом.
19. ГОСТ 31940—2012. Межгосударственный стандарт. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов.
20. ГОСТ 33045—2014. Межгосударственный стандарт. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ.
21. ГОСТ 31954—2012. Межгосударственный стандарт. Вода питьевая. Методы определения жесткости.
22. СанПин 1.2.3684—21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
23. СанПин 1.2.3685—21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
24. Лазарева Г. А. Оценка качества поверхностных вод по интегральным показателям (на примере Верхне-

вожского водохранилища) / Г. А. Лазарева, А. В. Кленова // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 6.

25. Администрация Ленинградской области Комитет по природным ресурсам Ленинградской области: об экологической ситуации в Ленинградской области в 2021 году. — СПб., 2022. — 246 с.

26. Стольберг Ф. В. Экология города / Ф. В. Стольберг. — К.: Либра, 2000. — 464 с.

Дата поступления: 12.03.2023

Решение о публикации: 23.04.2023

Контактная информация:

ХАРЛАМОВА Алина Вадимовна — канд. техн. наук, доц.; alavina@yandex.ru

БЕЛОВА Полина Алексеевна — студент группы БТБ-208; linbelal@mail.ru

Analysis and Assessment of the Quality of Surface Waters in the Priozersky District of the Leningrad Region

A. V. Kharlamova, P. A. Belova

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Kharlamova A. V., Belova P. A. Analysis and Assessment of the Quality of Surface Waters in the Priozersky District of the Leningrad Region // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 2, pp. 404–413. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-404-413

Summary

Purpose: The study of water quality indicators of surface water bodies of the Priozersky district of the Leningrad region using laboratory studies, as well as the assessment of the ecological state of water sources based on various integral characteristics of surface water pollution. To determine the quality indicators of surface waters for cultural and household purposes in the laboratory. Assess the ecological state of a polluted reservoir based on the calculated integral indicators: the reservoir pollution index, the trophic state assessment index and the specific combinatorial index of surface water pollution. Consider possible options for improving the environmental situation of the studied water bodies. **Methods:** Water sampling from five water bodies of the Priozersky district of the Leningrad region for further laboratory studies. Analysis of selected samples from water sources to determine the composition of surface water for the presence of pollutants and water quality parameters using standardized methods. Comparison of the obtained results with the norms of maximum permissible concentrations for given indicators. **Results:** It has been established that in three of the five studied water bodies, excesses of the standard values for several indicators are found. One of the polluted water sources, the Vuoksa River, has been selected for further calculation of integral indicators of surface water quality. An assessment of the ecological state of this water body is given according to three calculated indicators. Measures have been proposed to improve the environmental situation of water bodies in the region. **Practical significance:** It is shown that the insufficiently studied water bodies of the Priozersky district of the Leningrad region generally meet the quality standards for surface waters, however, some objects still belong to the category of moderately polluted, which requires further in-depth study of their condition in order to prevent an increase in pollution.

Keywords: Water body, surface waters, pollution, hydrochemical indicator, integral quality indicator, water body pollution index, specific combinatorial pollution index, trophic state index, water quality class.

References

1. *Ministerstvo prirodnikh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii: gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2016 godu"* [Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation: state report "On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2016"]. Moscow: NIA-Priroda Publ., 2017, 300 p. (In Russian)
2. Suntsova E. B. *Kompleksnaya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya prirodnikh ob'ektov posle zakrytiya predpriyatiy tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti: dissertatsiya* [Comprehensive assessment of the ecological state of natural objects after the closure of the pulp and paper industry: dissertation]. St. Petersburg, 2003, 183 p. (In Russian)
3. Mitrukova G. G., Kapustin, L. L., Kurashov E. A. *Dinamika sostoyaniya bakterioplanktona Shchuch'ego zaliva Ladozhskogo ozera posle zakrytiya Priozerskogo TsBK* [Dynamics of the state of bacterioplankton in the Pike Bay of Lake Ladoga after the closure of the Priozersk pulp and paper mill]. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and ecology: problems and solutions]. St. Petersburg, 2021, Iss. 3(87), pp. 66–74. (In Russian)
4. Mitrukova G. G., Kapustin L. L., Kurashov E. A. *Ekologicheskaya otsenka kachestva vod litoral'noy zony Ladozhskogo ozera po rezul'tatam mikrobiologicheskikh issledovaniy* [Ecological assessment of water quality in the littoral zone of Lake Ladoga based on the results of microbiological studies]. *Gidrobiologiya* [Hydrobiology]. St. Petersburg, 2020, pp. 88–100. (In Russian)
5. Krylova Yu. V., Kurashov E. A., Ponomarenko A. M. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya litoral'noy zony Ladozhskogo ozera po rezul'tatam issledovaniy 2019 goda* [Assessment of the ecological state of the littoral zone of Lake Ladoga based on the results of research in 2019]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. St. Petersburg, 2022, Iss. 6, pp. 102–120. (In Russian)
6. *FGBU "Severo-Zapadnoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy". Kachestvo vod poverkhnostnykh vodnykh ob'ektov v dekabre 2020 g.* [Federal State Budgetary Institution "North-Western Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring". Water quality of surface water bodies in December 2020]. St. Petersburg, 2021. (In Russian)
7. Akhtyamov R. G. *Otsenka i puti umen'sheniya ekologicheskoy opasnosti ob'ektov avtotransportnoy infrastruktury urbanizirovannoy territorii: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk* [Evaluation and ways to reduce the environmental hazard of objects of motor transport infrastructure in an urbanized area: abstract of a dissertation for the degree of candidate of technical sciences]. Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiiy universitet Publ., 2009, 19 p. (In Russian)
8. Akhtyamov R. G., Senyushkin N. S., Sukhanov A. V. *Razrabotka metodiki vyyavleniya potentsial'no opasnykh ob'ektov* [Development of a methodology for identifying potentially hazardous objects]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Technical University]. 2011, vol. 7, Iss. 5, pp. 192–197. (In Russian)
9. Akhtyamov R. G., Elizar'ev A. N., Senyushkin N. S. et al. *Podkhody k otsenke kriticheskogo sroka ekspluatatsii tekhnologicheskogo oborudovaniya na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektakh* [Approaches to assessing the critical life of technological equipment at hazardous production facilities]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012, Iss. 5, p. 122. (In Russian)
10. Elizar'ev A. N., Akhtyamov R. G., Aksenov S. G. *Sovremennye tekhnologii zashchity ob'ektov transportnoy infrastruktury na osnove modelirovaniya opasnykh situatsiy* [Modern technologies for the protection of transport infrastructure facilities based on the simulation of dangerous situations]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2018, Iss. 10(214), pp. 23–28. (In Russian)
11. *GOST R 59024—2020. Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [GOST R 59024—2020. National standard of the Russian Federation. Water. General requirements for sampling]. (In Russian)
12. *GOST R 55684—2013. Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Voda pit'evaya. Metod opredeleniya permanganatnoy okislyaemosti* [GOST R 55684—2013. National standard of the Russian Federation. Drinking water. Method for determining permanganate oxidizability]. (In Russian)

13. GOST 4011—72. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Voda pit'evaya. Metody izmereniya massovoy kontsentratsii obshchego zheleza* [GOST 4011—72. Interstate standard. Drinking water. Methods for measuring the mass concentration of total iron]. (In Russian)
14. GOST R 57164—2016. *Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Voda pit'evaya. Metody opredeleniya zapakha, vkusa i mutnosti* [GOST R 57164—2016. National standard of the Russian Federation. Drinking water. Methods for determining odor, taste and turbidity]. (In Russian)
15. GOST 23268.8—78. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Vody mineral'nye pit'evye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya nitrit-ionov* [GOST 23268.8—78. Interstate standard. Mineral waters for drinking medicinal, medical table and natural table waters. Methods for determination of nitrite ions]. (In Russian)
16. GOST 33045—2014. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Voda. Metody opredeleniya azotsoderzhashchikh veshchestv* [GOST 33045—2014. Interstate standard. Water. Methods for determination of nitrogen-containing substances]. (In Russian)
17. GOST 23268.17—78. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Vody mineral'nye pit'evye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya khlorid-ionov* [GOST 23268.17—78. Interstate standard. Mineral waters for drinking medicinal, medical table and natural table waters. Methods for determination of chloride ions]. (In Russian)
18. GOST 34774—2021. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Voda pit'evaya. Voda podgotovlennaya (ispravlennaya) dlya izgotovleniya alkogol'noy produktsii. Opredelenie rN potentsiometricheskim metodom* [GOST 34774—2021. Interstate standard. Drinking water. Water prepared (corrected) for the manufacture of alcoholic beverages. Determination of pH by the potentiometric method]. (In Russian)
19. GOST 31940—2012. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Voda pit'evaya. Metody opredeleniya sodержaniya sul'fatov* [GOST 31940—2012. Interstate standard. Drinking water. Methods for determining the content of sulfates]. (In Russian)
20. GOST 33045—2014. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Voda. Metody opredeleniya azotsoderzhashchikh veshchestv* [GOST 33045—2014. Interstate standard. Water. Methods for determination of nitrogen-containing substances]. (In Russian)
21. GOST 31954—2012. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Voda pit'evaya. Metody opredeleniya zhestkosti* [GOST 31954—2012. Interstate standard. Drinking water. Methods for determining stiffness]. (In Russian)
22. SanPin 1.2.3684—21. *Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territoriy gorodskikh i sel'skikh poseleniy, k vodnym ob'ektam, pit'evoy vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshcheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy* [SanPin 1.2.3684—21. Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures]. (In Russian)
23. SanPin 1.2.3685—21. *Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredi obitaniya* [SanPin 1.2.3685—21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans]. (In Russian)
24. Lazareva G. A., Klenova A. V. Otsenka kachestva poverkhnostnykh vod po integral'nym pokazatelyam (na primere Verkhnevolzhskogo vodokhranilishcha) [Assessment of the quality of surface waters by integral indicators (on the example of the Upper Volga reservoir)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2015, Iss. 6. (In Russian)
25. Administratsiya Leningradskoy oblasti Komitet po prirodnym resursam Leningradskoy oblasti: ob ekologicheskoy situatsii v Leningradskoy oblasti v 2021 godu [Administration of the Leningrad Region Committee for Natural Resources of the Leningrad Region: on the environmental situation in the Leningrad Region in 2021]. St. Petersburg, 2022, 246 p. (In Russian)
26. Stol'berg F. V. *Ekologiya goroda* [Ecology of the city]. K.: Libra Publ., 2000, 464 p. (In Russian)

Received: March 12, 2023

Accepted: April 23, 2023

Author's information:

Alina V. KHARLAMOVA — PhD in Engineering, Associate Professor; alavina@yandex.ru

Polina A. BELOVA — Student of BTB-208 group; linbelal@mail.ru