

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

УТВЕРЖДАЮ

**Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
«Санкт-Петербургский  
Федеральный исследовательский  
центр  
Российской академии наук»  
(СПб ФИЦ РАН)**

14-я линия, д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178  
Тел.: (812) 328-33-11, факс: (812) 328-44-50,  
e-mail: info@spcras.ru, web: http://www.spcras.ru  
ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411,  
ИНН/КПП 7801003920/780101001

03 .06.2025 № 60/01-01-452 .

на \_\_\_\_\_

Заместитель директора  
по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
«Санкт-Петербургский Федеральный  
исследовательский центр Российской  
академии наук»  
Д.т.н., профессор РАН



С.В. Кулешов

\_\_\_\_\_ июня 2025 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский

Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

на диссертационную работу **Постевой Марины Алексеевны**

**«Оценка состояния озер урбанизированных территорий на основе гидрохимических исследований (на примере города Мурманска)»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук

по специальности 1.6.21 – Геоэкология (географические науки)

Диссертационное исследование **Постевой Марины Алексеевны** посвящено выявлению закономерностей и факторов формирования химического состава вод озёр урбанизированных территорий в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

**Актуальность работы.** Ухудшение качества поверхностных вод является одной из глобальных экологических проблем, в рамках которой водоёмы, расположенные на урбанизированных территориях, занимают особое место, поскольку, в отличие от большинства водоёмов природных ландшафтов, негативное воздействие различного характера и интенсивности со стороны городской среды они испытывают постоянно. В результате, естественные процессы формирования качества вод и функционирования экосистем, как правило, нарушены. Наиболее уязвимыми по отношению к внешним негативным воздействиям оказываются слабопроточные и бессточные водоёмы, в частности, малые озёра. Урбанизированные территории подвержены антропогенному, в том числе, техногенному

воздействию со стороны промышленных предприятий, объектов энергетики, транспорта, жилищно-коммунального хозяйства, рекреации и т.д., что приводит к нарушению водного и теплового балансов, естественной гидрографической сети, состояния почвенного покрова и к другим негативным последствиям. В результате, в городских озёрах может начаться развитие процессов эвтрофирования, загрязнения и закисления.

Согласно данным многочисленных исследований озёра Арктической зоны также подвержены этим негативным процессам, однако, их протекание в условиях Севера должно иметь свои особенности. Низкие температуры, избыточное увлажнение территорий, маломощный почвенный покров и, как следствие, замедленные процессы химического выветривания элементов, а также минерализации органического вещества способствуют формированию низкоминерализованных (в основном, ультрапресных) вод, низкая буферная ёмкость которых делает их чрезвычайно уязвимыми по отношению к внешним воздействиям, в том числе, негативным. Для предотвращения и выявления ухудшения качества вод необходимо понимать особенности протекания озерных процессов в условиях Арктики и осуществлять экологический контроль состояния водных объектов. Всё вышесказанное относится и к крупнейшему городу Заполярья – Мурманску. Однако, как указано диссертантом, систематический анализ состояния водных объектов на территории г. Мурманска, за исключением реки Роста и ручья Варничного, не проводится. Отсюда возникает необходимость изучения озёр г. Мурманска для оценки их состояния и выявления факторов, влияющих на химический состав вод. Таким образом, актуальность данного исследования не вызывает сомнений.

**Целью работы** являлось выявление закономерностей формирования химического состава воды и оценка экологического состояния озёр г. Мурманска, находящихся под влиянием антропогенной нагрузки различной интенсивности.

Для достижения поставленной цели диссертантом были решены следующие **задачи**:

1. Проведен анализ и выявлены основные факторы, определяющие химический состав вод озёр г. Мурманска;
2. Проанализирован химический состав и определены приоритетные загрязняющие вещества озерных вод г. Мурманска;
3. Выявлены вертикальная изменчивость и сезонная динамика гидрохимических показателей озёр г. Мурманска;
4. По результатам гидрохимических исследований оценены качество вод и экологическое состояние озёр г. Мурманска.

В результате **на защиту вынесены следующие положения**:

1. Химический состав озерных вод г. Мурманска обусловлен физико-географическими (подстилающие геологические формации, почвы водосборных территорий, климат, морские аэрозоли) и антропогенными (деятельность предприятий г. Мурманска, автотранспорт, работы по благоустройству урбанизированной среды, эвтрофикация) факторами.

2. Щелочные и щелочноземельные металлы, поступающие с городских территорий в озерные воды, предохраняют их от закисления, обуславливают нейтральные значения реакции среды, высокие значения щелочности и кислотонейтрализующей способности вод (ANC).

3. Повышенные концентрации минеральных веществ в озерах г. Мурманска способствуют повышению фотосинтетической активности фитопланктона (по концентрации хлорофилла «а»). Угнетающего действия тяжелых металлов не выявлено. Трофический статус озер по индексу Карлсона олиготрофный. С ростом трофности вод лимитирующий биогенный фосфор меняется на азот, доля автохтонной органики растет относительно аллохтонной.

4. Антропогенная нагрузка на озера г. Мурманска находит отражение в снижении качества природных вод, а также в повышенном поступлении таких элементов, как V, Ni, Cu, Zn, Al, Mn, Fe, Sr, Li, Rb, Ba, В. Установлено также, что комплексное влияние городской среды выступает не только как источник повышенного поступления элементов и их соединений в водные экосистемы, но и может способствовать ускорению миграционных процессов химических элементов в результате антропогенной деятельности.

**Научная новизна** исследования состоит в том, что впервые:

1. На основе комплексного анализа химического состава воды озер г. Мурманска методами статистического анализа по содержанию главных ионов, биогенных элементов и более чем 30 микроэлементов выявлены закономерности формирования и факторы, определяющие химический состав озёрных вод урбанизированных территорий Арктической зоны РФ.

2. Выявлены вертикальная стратификация и сезонная динамика гидрохимических показателей озер г. Мурманска.

3. Определено качество вод озер г. Мурманска, а также степень их закисления, эвтрофирования и загрязнения. Установлены приоритетные загрязняющие вещества, а также источники их поступления в поверхностные воды на исследуемых урбанизированных территориях.

4. Выявлены особенности водной миграции химических элементов в условиях городской среды на территории Арктической зоны РФ.

**Теоретическая значимость.** Выполненное исследование позволило выявить факторы, определяющие химический состав, закономерности формирования озёрных вод и особенности водной миграции химических элементов в условиях урбанизированных ландшафтов

Арктической зоны РФ. Выявлены специфические механизмы влияния урбанизации на экосистемы малых водоемов, обусловленные уникальными экологическими условиями и климатическими факторами региона, что способствует более глубокому пониманию их устойчивости и адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды.

**Практическая значимость.** На основе полученных данных составлена современная гидрохимическая характеристика озер г. Мурманска, выявлены приоритетные загрязняющие вещества. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования экологического состояния городских озер Арктической зоны РФ в изменяющихся условиях природной среды и антропогенного воздействия. Результаты исследования могут быть использованы для разработки региональной программы снижения загрязнения окружающей среды г. Мурманска, а также в учебном процессе для студентов географического и экологического направлений.

**Личный вклад автора** состоит в формулировании цели и задач исследования, сборе информации и анализе отечественной и зарубежной литературы по теме исследования, непосредственном участии в полевых работах по сбору материала, химико-аналитических работах, статистической и графической обработке полученных результатов с последующей интерпретацией, формулировании основных положений и выводов, подготовке публикаций и представлении результатов выполненной диссертационной работы на форумах различного уровня.

**Достоверность полученных результатов исследования** обеспечена системой отбора и хранения проб, использованием современных методов и приборов аналитических измерений в соответствии с аттестованными методиками, жестким внутрिलाбораторным контролем качества измерений по единой системе стандартных растворов, международной верификацией методов и результатов аналитических исследований, а также статистическим анализом данных с применением современного математического и программного обеспечения.

В период с 2020 по 2024 год результаты диссертационного исследования многократно были **апробированы** в ходе представления на научных форумах различного уровня, в том числе Всероссийских и международных. По материалам диссертации **опубликовано** 14 научных работ, в том числе 2 в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus, 4 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 монография, 7 работ в рецензируемых журналах и сборниках материалов международных и всероссийских конференций. Данные публикации полно и адекватно отражают сущность выполненных исследований.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и шести приложений. Она изложена на 214 страницах, содержит 19 таблиц

и 26 рисунков. Список литературы составляет 371 источник, из них 156 на иностранных языках.

Работа соответствует паспорту научной специальности 1.6.21 Геоэкология (географические науки) по пунктам:

1. Изучение состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов.
2. Природная среда и индикаторы ее изменения под влиянием естественных природных процессов и хозяйственной деятельности человека (химическое и радиоактивное загрязнение биоты, почв, пород, поверхностных и подземных вод), наведенных физических полей, изменения состояния криолитозоны.

Во **Введении** обоснована актуальность выполненного исследования, степень разработанности проблемы, сформулирована цель и поставлены задачи, которые необходимо было решить для достижения намеченной цели, сформулированы защищаемые положения, оценены научная новизна исследования, теоретическая и практическая значимость, изложена методология и методы научного исследования, оценен личный вклад автора. В **Главе 1** дана подробная характеристика природных условий района исследования и их влияния на химический состав поверхностных вод. Охарактеризованы основные источники антропогенного загрязнения воды озёр г. Мурманска. В **Главе 2**, посвященной объектам, материалам и методам исследования, представлена характеристика объектов исследования – восьми озер на территории г. Мурманска, а также подробно изложены методы исследования – от методики отбора проб воды и выполнения химико-аналитических процедур до методов статистической обработки данных, включающих корреляционный и факторный анализы. В **Главе 3** на основе анализа первичных данных относительно содержания главных ионов, значений общей минерализации и водородного показателя, содержания биогенных элементов и органических соединений, а также микроэлементов, включая тяжелые металлы, представлена оценка современного состояния исследуемых озер города Мурманска. На примере оз. Семёновского изучены вертикальная стратификация гидрохимических показателей и их сезонная динамика. Выявлены приоритетные загрязняющие вещества озерных вод г. Мурманска. В **Главе 4** дана оценка качества воды и экологического состояния исследуемых озер на основе гидрохимических показателей. Проанализированы основные критерии закисления и оценена устойчивость озер к этому процессу, определен трофический статус и выявлены лимитирующие факторы трофности, оценена степень загрязнения озерных вод на основе индексов загрязненности. В контексте оценки загрязненности особую ценность представляет тот факт, что для выполнения расчетов диссертантом использовались значения региональных

ПДК (РПДК), учитывающие не только токсичность элементов по рыбохозяйственным нормативам, но и их геохимический фон. В работе указано, что «применение значений РПДК позволяет учитывать региональные особенности условий формирования качественного состава природных вод, что более объективно отражает степень загрязненности водных объектов». **Глава 5** посвящена выявлению основных факторов, определяющих химический состав вод исследуемых озер. Для этого диссертантом применены статистические методы обработки данных – корреляционный анализ (коэффициент корреляции Пирсона) и факторный анализ (метод главных компонент). Кроме того, рассмотрена трансформация химического состава вод и особенности водной миграции химических элементов в условиях городской среды, что позволило сделать один из наиболее важных выводов диссертационного исследования о том, что урбанизированная среда выступает не только как источник поступления различных видов загрязняющих веществ в водные экосистемы, но также может способствовать ускорению миграционных процессов химических элементов. Выполнено ранжирование изучаемых химических элементов по степени их миграционной способности. В конце глав 3, 4 и 5 представлены выводы, в **Заключении** сформулированы основные **выводы** по всему диссертационному исследованию, логически вытекающие из анализа представленного в работе фактического материала. Их достоверность и обоснованность не вызывает сомнений. Доказательство защищаемых положений последовательно дано по ходу изложения. Графический и табличный материал хорошо иллюстрирует и дополняет текст.

**Автореферат** достаточно полно отражает основное содержание диссертации. Работа написана хорошим языком.

**Принципиальных замечаний к выполненному диссертационному исследованию нет**, однако в ходе ознакомления с работой возник ряд менее значимых **замечаний**, некоторые из которых имеют рекомендательный характер:

- На стр. 40 указано, что полевые исследования проводились в 2018–2022 гг. в летний и осенне-зимний периоды, при этом далее в тексте приводятся также результаты исследований в весенний период. Можно предположить, что в весенний период исследовалось только оз. Семеновское, однако в тексте это не указано.
- Диссертантом неверно дается размерность хлорофилла «а» как мг/л (миллиграмм на литр), тогда как должна быть мкг/л (микрограмм на литр). В монографии С.П. Китаева (2007, с. 148), на которую приводится ссылка, размерность также дана в миллиграммах, но на метр кубический ( $\text{мг/м}^3$ ), что соответствует мкг/л.

- На стр. 55 приводятся нормативы рыбохозяйственных ПДК (ПДК<sub>рх</sub>) для фосфатов, взятые из Приказа Минсельхоза РФ № 552 от 13.12.2016. Согласно этому документу, нормативы ПДК для фосфат-ионов в водоемах различного трофического статуса составляют (мг P/дм<sup>3</sup>): «0,05 (по P) – олиготрофные; 0,15 (по P) – мезотрофные; 0,2 (по P) – эвтрофные водоемы». Приведенные в документе значения являются абсолютно безграмотными, поэтому пользоваться ими нельзя. Во-первых, о трофическом статусе водоема нельзя судить по концентрации фосфат-иона – только по содержанию общего фосфора. Во-вторых, данные нормативы (Приказ № 522) никак не согласуются с результатами многочисленных исследований водных экосистем, полученными как в России, так и за рубежом, и являющимися общепринятыми. Согласно всем известным шкалам трофических типов водоемов по содержанию общего фосфора (Håkanson, 1995; OECD..., 1982; Jones & Lee, 1992; Vollenweider, 1980; Forsberg *et al.*, 1980; Никаноров, 2005 и др.) концентрация выше 0.08-0.1 мг P/дм<sup>3</sup> соответствует гиперэвтрофному статусу водоема, поэтому водоем с концентрацией фосфора фосфатов 0.2 мг P/дм<sup>3</sup> никак не может быть классифицирован как эвтрофный. При этом все вышеупомянутые классификации основаны на содержании общего фосфора, а не фосфора фосфатов, которого в водоеме данного трофического статуса должно быть еще меньше. К сожалению, исследователи пользуются данными нормативами довольно-таки часто, судя по публикациям, однако, диссертанту можно порекомендовать в дальнейшем подобными безграмотными нормативами не пользоваться.
- В тексте многократно применительно к химическим веществам используется термин загрязнители, в то время как загрязнители – это различные промышленные, сельскохозяйственные и прочие объекты, являющиеся источниками загрязнения. Поэтому применительно к веществам следует использовать термин «загрязняющие вещества».
- Неудачны формулировки «гидрохимический состав вод», т.к. гидро- уже подразумевает, что это относится к воде, а также «антропогенная деятельность человека», т.к. антропогенный – это связанный с человеческой деятельностью.
- Неоднократно встречаются формулировки «цветение синезеленых» и «цветение водорослей», однако водоросли не цветут. Грамотно использовать термин «цветение» воды.
- В Примечаниях к Таблицам 3.1, 3.2 и 3.3 (стр. 49, 55, 66-67) сказано: «числитель – среднее значение ± стандартное отклонение; знаменатель – медиана (минимальное и

максимальное значение выборки)». Однако это не дробь, поэму лучше использовать «над чертой» и «под чертой».

- В тексте автореферата нет ссылок на рисунок 1, таблицы 1 и 2, на стр. 15 вместо ссылки на рис. 4 должна быть ссылка на рис. 3, на стр. 17 вместо ссылки на табл. 5 должна быть ссылка на табл. 4.
- На стр. 91 сказано: «... в почве происходит удержание катионов морского происхождения, в особенности  $\text{Na}^+$  и последующее высвобождение протонов водорода. Замещенные протоны, поступая в поверхностные воды, вызывают их закисление». В тексте автореферата (стр. 13): «Основные катионы морского происхождения, в особенности  $\text{Na}^+$  замещаются в почве на протоны  $\text{H}^+$ ». Таким образом, по небрежности смысл утверждения изменился на противоположный.
- В тексте много опечаток, приводящих к несогласованности членов предложения (например, подлежащее во множественном числе, а сказуемое, соответствующее единственному числу, и многое другое), есть опечатки в числе атомов и в зарядах ионов.

Приведенные замечания ни в коей мере не умаляют достоинств и значимости диссертационной работы, которая является завершенным научно-квалификационным исследованием, выполненным и изложенным самостоятельно, на высоком профессиональном уровне. Диссертантом решены намеченные задачи, достигнута цель исследования. Полученные результаты достоверны, сделанные заключения достаточно обоснованы, логически вытекающие из результатов работы выводы убедительны, защищаемые положения доказаны. Результаты исследования, несомненно, имеют как теоретическое, так и практическое значение. Сделан очередной шаг в понимании путей и механизмов формирования химического состава озёр в специфических природных условиях европейского Севера, подверженных антропогенному воздействию со стороны урбанизированных территорий.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-11 и 13-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор **Постева Марина Алексеевна** заслуживает присуждения ученой степени **кандидата географических наук** по специальности 1.6.21 – Геоэкология (географические науки).

Отзыв ведущей организации на диссертационную работу **Постевой Марины Алексеевны «Оценка состояния озер урбанизированных территорий на основе гидрохимических исследований (на примере города Мурманска)»**, представляемую к защите на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология (географические науки), рассмотрен и одобрен на расширенном заседании Лаборатории гидрохимии ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН 02.06.2025 г. (протокол № 03).

Присутствовало на заседании 11 человек.

Результаты голосования:

«за» – 11 чел.

«против» – нет

«воздержалось» – нет

**Отзыв подготовила:** Игнатьева Наталья Викторовна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, руководитель Лаборатории гидрохимии Института озераведения Российской академии наук – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН) (196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, д. 9, тел. +79500428832, E-mail: [ignatieva.n@spcras.ru](mailto:ignatieva.n@spcras.ru))

Я, Игнатьева Наталья Викторовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 33.2.018.02, созданного на базе Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, и их дальнейшую обработку.

Старший научный сотрудник,  
руководитель Лаборатории гидрохимии,  
кандидат географических наук

Н.В. Игнатьева

03 июня 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН)  
199178, Санкт-Петербург, В.О., 14 линия, д. 39. Тел. 8 (812) 508- 33-11, факс (812) 328-44-50  
E-mail: [info@spcras.ru](mailto:info@spcras.ru)

Адрес официального сайта: <https://spcras.ru>

Подпись руки

Начальник отдела кадров СПб ФИЦ РАН

9

3 июня 2025 г.

