

ОТЗЫВ

официального оппонента 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

Для подготовки отзыва при рассмотрении диссертационной работы соискателя были проанализированы следующие материалы:

- текст диссертационной работы на 213 стр., состоящей из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 371 наименований, 26 рисунков, 19 таблиц, а также 6 приложений;

- автореферат объемом 24 стр.

На основании рассмотренных материалов оппонент заключает, что диссертация **Постевой Марины Алексеевны** «Оценка состояния озер урбанизированных территорий на основе гидрохимических исследований (на примере города Мурманска)» содержит необходимые и достаточные признаки научно-квалификационной работы и соответствует паспорту специальности 1.6.21 - Геоэкология.

Загрязнение водных объектов на урбанизированных территориях является одной из наиболее серьезных проблем в контексте сохранения приемлемого качества городской среды. Небольшие по размерам водоемы имеют низкую устойчивость к антропогенному воздействию. Арктической среде присущи дополнительные факторы, снижающие ассимиляционную емкость водных объектов, что вызвано менее благоприятными климатическими и ландшафтно-геохимическими условиями. Озера Мурманска – крупнейшего города, расположенного за Северным полярным кругом – выполняют самые разнообразные функции, представляя своего рода природный каркас урбанизированной территории в суровых арктических условиях. Поэтому оценка их состояния, как основа принятия управляющих решений по обеспечению качества городской среды, обладает высокой степенью **актуальности**.

Научная новизна исследований заключается в проведении комплексного анализа озерных вод г. Мурманска, выявлении закономерностей и факторов формирования химического состава воды, определении ее качества, степени закисления, эвтрофирования и химического загрязнения.

Практическое значение заключается в получении первичных данных для организации мониторинга и прогнозирования экологического состояния городских озер. Полученные результаты исследования могут быть использованы для разработки региональных программ снижения загрязнения окружающей среды г. Мурманска.

Во введении диссертации показана актуальность исследований, определены цель и задачи. Целью работы является выявление закономерностей формирования химического состава воды и оценка экологического состояния озер г. Мурманска, находящихся под влиянием антропогенной нагрузки различной интенсивности. Выделенные задачи направлены на реализацию цели исследований. Раскрыта научная и практическая значимость работы. Сформулировано четыре защищаемых положения.

В первой главе соискателем описаны природные особенности района исследования и показано их влияние на химический состав озерных вод. В первом разделе главы дан

краткий физико-географический очерк г. Мурманска и прилегающих территорий, включающий характеристику геологического строения и рельефа, климата, почвенного покрова и растительности. Во втором разделе представлен подробный обзор источников загрязнения изучаемой территории с перечнем основных загрязняющих веществ и количественными показателями поступления их в окружающую среду. Материал, содержащийся в разделе, несет достаточную информацию для понимания основных источников и механизмов загрязнения озер. По мнению оппонента, в главе не хватает картографического материала: карт-схем геологического строения и источников загрязнения. Карта-схема расположения объектов исследования, представленная в следующей главе, частично дает информацию об основных источниках загрязнения г. Мурманска, но не всех, без розы ветров и в мелком масштабе.

Глава 2 раскрывает объекты и методы исследования. Представлена подробная гидрологическая и морфометрическая характеристика изученных городских озер. Методика включает описание отбора проб, методов лабораторных исследований и камеральных работ. Здесь раскрывается комплексный характер проведенных исследований. Представленного в разделе материала достаточно для понимания принципов и подходов к решению запланированных задач.

Третья глава посвящена изучению современного состояния озер и состоит из трех разделов. Детально охарактеризовано содержание в воде макроэлементов, биогенных веществ и микроэлементов. Рассмотрены причины повышения содержания основных катионов и анионов в составе озерных вод. Среди биогенных веществ основное внимание уделено распределению соединений азота, фосфора и кремния. Охарактеризованы источники поступления этих соединений в озерные воды. Проведен детальный анализ сезонной изменчивости как макроэлементов, так и биогенных веществ. В третьем разделе главы индивидуально и достаточно подробно рассматриваются закономерности распределения и основные источники поступления микроэлементов. В целом приведенное описание, анализ материала и выводы показывают знание автором основных закономерностей миграции вещества в изученных водоемах. Сделаны обоснованные выводы об источниках поступления и особенностях распределения микроэлементов в воде.

Существенным моментом, на взгляд оппонента, является упоминание соискателем присутствия сероводорода в донных отложениях, что было отмечено при отборе проб осадков на трех озерах (с. 54). Это свидетельствует о восстановительной сероводородной обстановке (здесь необходимо подчеркнуть слово сероводородной), формирующейся в донных осадках, а, возможно, в летнее время и в придонной воде, что весьма существенно при оценке состояния озер и их устойчивости к химическому загрязнению. Соискателю следовало бы оценить это явление и раскрыть возможные эколого-геохимические последствия для озер. Так, например, в миграции и аккумуляции металлов может активно участвовать сероводородный геохимический барьер через механизм сульфат-сульфидного равновесия, на что указывает весенний рост концентраций микроэлементов в воде.

В 4 главе даются оценки степени загрязнения, закисления и эвтрофирования водоемов. Раскрывается потенциал территории к снижению водородного показателя воды от кислотных дождей, других природных и антропогенных факторов. Выполнен расчет показателей закисления озерных вод во временной динамике с 2018 по 2022 год, а также межсезонные изменения. Устойчивость озер к закислению оценивалась по показателю

кислотонейтрализующей способности вод на основе расчета эквивалентной суммы основных катионов и эквивалентной суммы кислотных остатков сильных кислот. При этом отмечается, что с 2018 года произошло снижение этого показателя для большинства озер. На основе полученных результатов обосновано 2-е защищаемое положение.

Оценка трофического состояния озер проводилась по ряду показателей, что позволило обосновать наиболее оптимальный набора критериев, которыми воспользовался соискатель в своей работе. Согласно полученным результатам, все исследуемые озера относятся к водоемам олиготрофного типа, за исключением оз. Ледовое, которое соответствует мезотрофному типу. Показана межгодовая и межсезонная динамика используемых индексов, которая может быть весьма существенной. По материалам данного раздела сформулировано и защищено 3-е защищаемое положение.

Заключительный раздел в главе 4 посвящен оценке степени загрязненности озерных вод. Соискателем выполнен обзор большого количества показателей, которые применяются в настоящее время для оценки загрязнения воды. Проведены расчеты этих показателей, и дана оценка качества озерных вод. Полученные результаты позволили выполнить сравнительный анализ состояния озер и выявить основные риски загрязнения водоемов. Важно, что в годовой динамике для ряда озер отмечена тенденция к ухудшению качества природных вод в связи с ростом концентраций металлов. На основе полученных результатов сформулировано четвертое защищаемое положение. Влияние антропогенной нагрузки на качество озерных вод через повышение содержания целого ряда металлов, а также увеличение подвижности химических элементов – вполне ожидаемый результат. В работе он подтвержден расчетами показателей и обоснованием перечня металлов с наибольшим вкладом в токсичность вод. Эти результаты позволяют считать 4-е защищаемое положение доказанным.

В пятой главе определены факторы, влияющие на химический состав воды и показан миграционный потенциал металлов. Выявление факторов базируется на методе главных компонент (МГК) содержания химических веществ и элементов в воде, а также других морфометрических и гидрохимических показателей. Интерпретация полученных результатов позволила установить главные источники поступления металлов. В этой же главе раскрыт потенциал подвижности изучаемых химических элементов. Сделано это на основе коэффициента водной миграции. Построены ряды миграции элементов для изучаемых озер. В конце главы проведены расчеты коэффициентов концентрации химических веществ, которые отражают геологическое строение территории и уровень антропогенного воздействия на водоемы. Все перечисленные результаты легли в обоснование первого защищаемого положения.

Соискателем проинтерпретировано четыре фактора, полученных МГК. Они отражают связь химического состава озерных вод с поступлением элементов с водосборных территорий, включая урбанизированные территории (первый фактор); с влиянием почвенного покрова и коренных горных пород на химический состав озерных вод (второй фактор), с процессами эвтрофикации озер и окислительно-восстановительных условий внутри водоемов (третий фактор) и локальной антропогенной нагрузкой: сжиганием мазутного топлива, автомобильным транспортом (четвертый фактор). Здесь можно подвергнуть сомнению правильность интерпретации второго фактора, т.к. в этом случае он дублирует источники первого. По мнению оппонента, второй фактор отражает

внутриводоемные процессы и агрегатное состояние редкоземельных элементов (РЗЭ). Парагенетическая ассоциативность показывает, что РЗЭ находятся в основном в адсорбированном состоянии на органических коллоидах и свежесформированных гидроксидах железа и алюминия, что вполне природообразно. Это не связано с комплексобразованием, о котором пишет соискатель. Подтверждение этих выводов можно найти в работе, на которую есть ссылка в диссертации (Lafrenière et al., 2023). Однако целеполагание соискателя абсолютно правильное. И оппонент согласен, что в авторской формулировке первое положение защищено.

В заключении хотелось бы поделиться некоторыми соображениями, которые могут пригодиться диссертанту в будущих исследованиях.

Хорошо видно, что использованные показатели для оценки загрязнения водоемов крайне неравноценны. Было бы интересно провести критический анализ и сделать определенные рекомендации на будущее с точки зрения применимости того или иного показателя. Оппоненту показалось нерациональным (а иногда и плохо воспринимаемым при чтении) использование сразу четырех критериев для оценки загрязнения: ПДК_{рх}, ПДК_{хп}, ПДК_{рег} (юридически в настоящее время у нас нет региональных ПДК в воде) и фон восточной части Мурманской области. Достаточно использовать один фон, а ПДК принять для хозяйственно-бытовых вод, учитывая, что изучаемые озера имеют хозяйственно-питьевое (оз. Большое) и культурно-бытовое значение. Рыбохозяйственный статус водоемов в тексте диссертации автором не обозначен. Конечно, в отдельных случаях можно провести сравнение с ПДК_{рх}, но не повсеместно. Это напрямую связано с другой рекомендацией. Соискатель одним из практических результатов работы справедливо считает использование полученных данных в распространении сети мониторинга на все изученные озера. В связи с этим было бы целесообразно в ряду показателей качества воды рассчитать комбинаторный индекс загрязнения воды (КИЗВ), который в качестве обязательного применяется в государственном экологическом мониторинге. Такой подход необходим для понимания состояния озер на языке российских мониторинговых оценок. И, конечно, это нужно сделать с учетом статуса водных объектов, т. е. используя ПДК_{хп}. Кроме того, при анализе уровня загрязнения целесообразно провести биотестирование воды, как прямой показатель состояния водоемов, и сравнить результаты с расчетными данными. И последнее. Необходимо разобраться с причинами проявления сульфатредуцирующих процессов и оценить риски сероводородного заражения придонных вод.

В целом работа оставляет хорошее впечатление. Это тщательно продуманное комплексное исследование. Достоверность результатов диссертации определяется большим фактическим материалом, применением современных аналитических и расчетных методов, тщательностью проводимых исследований. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации.

Завершая рассмотрение представленной на защиту диссертационной работы, следует отметить, что указанные выше замечания и рекомендации не снижают научной значимости проделанной работы. Диссертационная работа Постевой М.А. по специальности 1.6.21. - Геоэкология является законченной научно-квалификационной исследовательской работой, соответствующей всем требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней (от 24.09.2013 № 842)». Диссертация

III.  24.05.2024