

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **БАЗОВОЙ Марии Михайловны** на тему: «**Геохимические закономерности формирования вод малых озер Кольского региона в условиях аэротехногенного загрязнения**», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности **25.00.09** —

геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа М.М.Базовой посвящена исследованию геохимических закономерностей распределения элементов и химического состава вод Кольского региона в зависимости от уровня аэротехногенного загрязнения, ландшафтных и геохимических особенностей водосборов. Не вызывает сомнения **актуальность темы диссертации**, так как в современный период совершенствование научных знаний о закономерностях формирования химического состава вод и распределения элементов в воде озер в условиях аэротехногенного загрязнения водосборов металлами и кислотными осадками - одна из наиболее актуальных проблем.

Диссертационная работа выполнена на основании анализа и обобщения фактического материала по 97 малым озерам Кольского Севера за период с 1990 – 2009 гг., а также отечественных и зарубежных публикаций по рассматриваемым вопросам. В работе использовались современные методы аналитических определений и обработки полученных данных.

Диссертация М.М.Базовой изложена на 189 страницах, состоит из 5 глав, введения, заключения и приложений, содержит 23 рисунка и 32 таблицы. Список литературы включает 156 наименований (из них 68 на иностранном языке).

Построение работы в основном обосновано, структура работы направлена на решение поставленных задач.

Во *введении* диссертационной работы достаточно четко сформулированы цель и основные задачи работы, обоснована актуальность проведенных исследований, рассмотрены новизна и практическая значимость полученных результатов, отражен личный вклад автора.

В *первой главе* представлен литературный обзор, который содержит сведения о формировании химического состава природных вод Кольского региона в современных условиях, а также краткую информацию о природных условиях района исследования и уровне антропогенной нагрузки. В обзоре отражены такие важные для решения поставленных задач вопросы как поступление металлов в природные воды и факторы их определяющие, процессы закисления в природных водах, эвтрофирование. Характеристика природных условий региона включает краткое описание геологического строения, рельефа, климата, почв, растительного покрова, ландшафтов, гидрографических особенностей, подземных вод. Представленные в обзоре данные используются автором в дальнейшем при обсуждении собственных результатов.

Во *второй главе диссертации* представлена характеристика исследуемых объектов – малых озер Кольского полуострова, рассмотрены материалы и методы исследований. Выбор объектов в достаточной степени обоснован и представителен. При отборе и выборе репрезентативных данных принимались во внимание морфометрические характеристики озер, отсутствие поступления сточных вод, единовременность и сопоставимость результатов по гидрологическим сезонам.

Несомненным достоинством работы является всестороннее исследование состава озерных вод. Аналитическая программа работ включала в себя определение рН, электропроводности, цветности, растворенного органического вещества, суммы катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), щелочности, концентраций сульфатов, хлоридов, общего азота и фосфора, более 60 микроэлементов. С использованием полученных характеристик состава вод был рассчитан такой важный показатель миграции элементов в системе «вода-порода», как коэффициент водной миграции по А.И. Перельману. Для оценки различных факторов в процессах формирования химического состава вод диссертант использовал факторный анализ, обработка данных осуществлялась с помощью компьютерной программы «STATISTICA 10.0».

Лабораторные эксперименты по исследованию выщелачиванию элементов из различных типов пород М.М.Базовой проводились на образцах серебрянских и териберских гранитов (кислые породы), фойяита Хибинского массива и уррита Ловозерского массива (щелочные породы) с нейтральными и кислыми растворами. В извлеченных растворах определялись значения рН, макро и микроэлементный состав вод.

Третья глава «Пространственно-временная изменчивость формирования химического состава природных вод Кольского Севера в условиях изменяющихся антропогенных нагрузок» посвящена рассмотрению полученных результатов и их обсуждению. Диссертантом обоснованно выделены и достаточно детально описаны 7 районов, характеризующихся различными геохимическими и ландшафтными показателями с преобладающими типами горных пород, а также отличающихся интенсивностью аэротехногенного загрязнения.

Диссертантом убедительно показано, что продолжительный уровень аэротехногенного загрязнения оказывает непосредственное влияние на химический состав вод. Большая часть озер Кольского региона относится к сульфатно-кальциевому и сульфатно-натриевому типам, расположенным в районах, подверженным наибольшей аэротехногенной нагрузке.

В данной главе последовательно изложены результаты исследования динамики содержания металлов, биогенных элементов и органического вещества в воде озер исследуемых районов, а также на основе анализа по основным показателям для 75 озер, которые повторялись раз в 5 лет с 1990 по 2009 гг. обоснованы выводы по долгосрочным тенденциям изменения химического состава вод в ответ на снижение аэротехногенной нагрузки.

Анализ пространственно-временной изменчивости особенностей формирования химического состава вод позволил выявить основные тенденции изменения содержания элементов в озерах вследствие атмосферных выбросов горно-металлургических предприятий. М.М.Базовой было установлено, что определяющую роль в процессах закисления или восстановления вод озер Кольского региона играют не только геологическая структура подстилающих пород и ландшафтные особенности, но и удаленность озера от источника загрязнения. Диссертантом было обоснованно выделено три зоны относительно комбинатов «Североникель» и «Печенганикель»: первая - <30 км – локальная зона, к которой приурочены озера, подвергшиеся воздействию пылевой эмиссии со стороны комбинатов; вторая - 30-100 км – буферная зона, где влияние аэротехногенного источника сводится к минимуму и с целью исключения влияния техногенного фактора была выделена третья зона > 100 км.

Представляется важным и обоснованным вывод, сделанный М.М.Базовой на основе анализа проведенных исследований, об улучшении химического состава вод в результате снижения выбросов загрязняющих веществ в воде Кольского региона, что проявилось в снижении содержания сульфатов и увеличении кислотонейтрализующей способности вод.

Четвертая глава диссертации «Геохимические особенности распределения элементов в воде малых озер» включает рассмотрение таких вопросов как микроэлементный состав воды малых озер, сопряженное поступление элементов в воды озер, а также факторы, определяющие поступление микроэлементов в воды озер.

На основе сочетания результатов корреляционного и факторного анализа были обоснованы ключевые факторы, определяющие сопряженные потоки различных элементов в озера в зависимости от геолого-геохимических и ландшафтных условий водосборов, а также техногенной нагрузки. Сопряженное поступление элементов в водные системы оценивалось диссертантом с помощью корреляционного анализа в пределах совокупности всех исследуемых элементов в водах 97 озер Кольского Севера за 2005 г. Факторы, определяющие поступление микроэлементов в воды озер Кольского региона, определялись с использованием факторного анализа по 26 ключевым элементам. В процессе обработки данных М.М.Базовой было выделено четыре основных фактора: 1 - определяющий влияние ландшафтно-геологической структуры на миграцию большей части микроэлементов, 2 - отражающий особенности локальной аэротехногенной нагрузки на природные воды, 3 - характеризующий влияние выпадения техногенных сульфатов, которые приводят к снижению насыщения вод обменными основаниями, щелочности и соответственно - кислотонейтрализующей способности вод, 4 - доказывающий, что поток техногенных сульфатов в воде озер в ряде случаев приводит увеличению содержаний Cu, Ni и Pb и повышению pH.

Диссертантом проведено исследование миграционной активности элементов в природных водах в зависимости от геохимических особенностей региона и установлено, что в распределении микроэлементов в воде озер имеются сходства и различия в интенсивности миграции, приуроченных к породам различных формаций.

Особый интерес представляет оценка влияния природного и антропогенного закисления на поведение микроэлементов в воде озер, проведенная на примере антропогенно-закисленных озер, геологическая структура которых представлена в одном случае гранитами, в другом - песчаными формациями, а также – в природно-подкисленном озере. Результаты исследования позволили обосновать вывод, что антропогенно-закисленные озера характеризуются более низкими содержаниями элементов в воде озер как следствие устойчивости пород гранитных и песчаных формаций к химическому выветриванию. Воды природно-подкисленного озера заболоченных и лесных водосборов с высоким содержанием гумусовых кислот обладают более высокой буферной емкостью и характеризуются повышенным содержанием многих элементов, особенно Al, Fe, Mn и Ti. Вне зависимости от природного или техногенного закисления, кислотные свойства вод усиливают миграционную активность элементов.

Научный и практический интерес представляют результаты оценки экотоксичных свойств элементов на основе впервые выполненного расчета по 14 элементам (Pb, Cd, As, Cu, Ni, Be, Sr, Ba, U, V, Cr, Bi, Se, Mo) интегрального индекса

токсичности вод, характеризующего суммарное воздействие группы металлов, имеющих один и тот же показатель вредности (токсикологический). Диссертантом показано, что наиболее высокий индекс токсичности формируется вблизи распространения дымовых выбросов производств для каждого района.

В *пятой главе* представлены результаты экспериментальных работ по исследованию интенсивности процессов выщелачивания элементов в нейтральной и кислой среде при взаимодействии с кислыми и щелочными породами Кольского Севера. На основании анализа полученных данных диссертантом сделан обоснованный вывод о том, что выщелачивание в кислой среде происходит быстрее, по сравнению с нейтральной средой. В кислой среде при взаимодействии с фойяитом и уртитом отмечено максимальное содержание щелочных, щелочноземельных и редкоземельных элементов. При взаимодействии с териберскими и серебрянскими гранитами также отмечены сходства в распределении элементов: усиление подвижности щелочных и щелочноземельных в нейтральной, редкоземельных элементов в кислой среде. Наибольшая интенсивность перехода элементов в раствор (по данным экспериментальных работ) характерна как в кислой, так и в нейтральной среде при взаимодействии с фойяитом, в меньшей степени с уртитом, а самое низкое - с териберскими гранитами в первые недели. В целом, выщелачивание в кислой среде происходит быстрее, по сравнению с нейтральной средой.

Представленные в пяти главах исследования завершают **выводы по работе**, полностью отражающие основные результаты выполненных исследований.

Научная новизна диссертационной работы М.М.Базовой не вызывает сомнений, поскольку при ее выполнении были получены новые данные об особенностях химического состава вод озер Кольского региона в зависимости от преобладающих типов горных пород, рудопроявлений, а также с учетом ландшафтных особенностей.

Установлено, что большая часть исследованных озер сохраняет буферные свойства вод, их расположение приурочено к породам, способным к нейтрализации кислотных выпадений. Наиболее подверженными закислению являются озера, водосборы которых сложены породами гранито-гнейсовых формаций.

Впервые детально исследованы особенности распределения и водная миграция элементов в зависимости от ландшафтных, геохимических особенностей региона и удаленности от аэротехногенного источника загрязнения.

Установлено, что под влиянием кислотных выпадений воды озер щелочных формаций обогащаются элементами в большей степени, чем озера, приуроченные к гранитным формациям, несмотря на низкие рН в последних. В воде озер, отнесенных к юго-восточной части северо-таежной зоны, наряду с повышенным содержанием Al, Fe, Mn отмечено увеличение содержания таких элементов, как Rb, Co, Zn, Sr, Li, Mo, Sn, Zr и редких земель, что обусловлено близостью к Ловозерским и Хибинским тундрам (наличие нефелиновых сиенитов).

На основе проведенных экспериментальных работ получены новые данные о высокой миграционной активности элементов, как в кислой, так и в нейтральной среде при взаимодействии с фойяитом, низкой - с териберскими гранитами в первые недели.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы для оценки последствий влияния аэротехногенного загрязнения на

геохимию природных вод для обоснования снижения выбросов, при подготовке материалов ОВОС.

Апробация работы.

Основные положения диссертации обсуждались на всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 5 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 находится в печати.

По работе имеется ряд замечаний, основными из которых являются следующие.

1. Первую главу целесообразно было бы разделить на две самостоятельные главы, в первой главе проанализировать изученность формирования состава вод на рассматриваемой территории, выделить недостаточно изученные аспекты и обосновать научную и практическую важность проведения исследований в этой области, а во второй – рассмотреть природные особенности района исследования.

2. В литературном обзоре целесообразно было бы привести краткие сведения о современном состоянии изученности проблемы закисления природных вод.

3. При характеристике природных условий следовало более детально рассмотреть следующие вопросы, важные для последующих выводов: водный баланс озер; особенности выпадения атмосферных осадков, в т.ч. интенсивность и повторяемость дождей; формирование подземного и поверхностного стоков в озера; характеристика донных отложений.

4. При обосновании постановки экспериментальных исследований диссертанту следовало представить концептуальную модель, в которой изложить свои представления о роли поступления атмосферных вод на поверхность озера, поверхностного и подземного стока в формировании химического состава вод озер.

5. В диссертационной работе следовало рассмотреть вопросы изменения химического состава вод и степени закисления озер с глубиной.

6. При анализе взаимодействий в системе «вода-порода» следовало привести химические реакции вод с основными породообразующими минералами щелочных и кислых пород.

7. В заключение диссертационной работы целесообразно было наметить пути дальнейшего развития исследования.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости работы.

Общая оценка диссертации.

Диссертация М.М.Базовой «Геохимические закономерности формирования вод малых озер Кольского региона в условиях аэротехногенного загрязнения» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, достоверность полученных результатов обеспечивается использованием значительного количества фактического материала, применением современных методик анализа и обработки аналитических результатов.

Тема диссертационной работы соответствует специальности 25.00.09 — геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. Основные результаты опубликованы в научных работах, указанных в диссертации. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Диссертационная работа хорошо изложена, достаточно полно проиллюстрирована рисунками и таблицами. По актуальности темы, научной

новизне и практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор М.М.Базова заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 — геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Зав. лабораторией гидрогеоэкологии ИГЭ РАН

д.г.-м.н.

И.В.Галицкая

Галицкая Ирина Васильевна, адрес: 119634, г. Москва ул. Лукинская, д.11, кв. 57, тел. 89167468176, эл.почта galgeoenv@mail.ru, место работы - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), заведующая лабораторией.



ПОДПИСЬ И.В. Галицкой
ЗАВЕРЯЮ.
УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИГЭ РАН
И.А. Рудянцева
24.08.2016