

## Отзыв

официального оппонента на диссертацию **Степановой Ольги Геннадьевны** «Реконструкция динамики ледников Восточной Сибири в голоцене – позднем плейстоцене на основе расшифровки минералого-геохимических сигналов из донных осадков прогляциальных озер», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 - Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, донные отложения прогляциальных озер представляют собой ценные архивы о динамике ледников. Ледники, располагающиеся на значительном удалении от океанических источников влаги, в зоне резко континентального климата, должны быть наиболее чувствительны к изменению региональных климатических параметров. И согласно оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) от одной трети до половины существующих горных ледников могут исчезнуть в течение ближайшего столетия из-за выбросов парниковых газов в атмосферу Земли. Между тем, полученные данные о динамике ледников в сопоставлении с мировыми данными о короткопериодных осцилляциях палеоклимата на континентальных территориях позволит более обоснованно подойти к решению проблемы детализации изменений климата последних тысячелетий.

Диссертация оставляет впечатление цельной работы с четко поставленной целью и сформулированными задачами, с которыми Ольга Геннадьевна, на мой взгляд, справилась полностью. Основной целью диссертационной работы является расшифровка биогеохимических индикаторов палеоклимата, содержащихся в осадочных разрезах высокогорных озер, примыкающих к ледникам Восточной Сибири (Байкальский регион), как параметров эволюции ледников в голоцене – позднем плейстоцене. В ходе работы успешно решены следующие задачи: исследованы литолого-геохимический и биологический вещественный состав донных осадков малых озер Восточной Сибири, питающихся талыми водами ледников Восточного Саяна, Байкальского, Кодарского хребтов с высоким шагом временного разрешения, порядка год-десятилетие; на основе датирования озерных разрезов по распределению активностей изотопов  $^{14}\text{C}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  определены основные хронологические метки; проведено литологическое изучение и радиоуглеродное датирование наземных моренных комплексов Северного Байкала; полученные геохимические данные сгруппированы с использованием методов многомерной математической статистики; разработана системы биогеохимических индикаторов, содержащихся в донных отложениях прогляциальных озер, позволяющих интерпретировать динамику ледников. В решении всех перечисленных задач автор внес основной вклад.

Объектом исследования являются донные отложения 8 прогляциальных озер, примыкающих к ледникам Восточного Саяна, Байкальского и Кодарского хребтов в Восточной Сибири. Данные территории, расположенные вдали от океанов, испытывают дефицит влагообеспечения. Основным поставщиком влаги в регион является сильно редуцированный Северо-атлантический влагоперенос, а поступление воздушных масс с Тихоокеанского региона редко. В зимнее время регион блокирован Сибирским антициклоном. В результате чего долгое время считалось, что из-за низкого уровня увлажненности в континентальной части Евразии существование ледников маловероятно, и на протяжении длительного времени только спорадические объекты изучены в Восточной и Западной Сибири.

Структура и объём работы Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, изложенных на 159 страницах машинописного текста. Она включает 40 графиков-схем, 11 фотографий и 9 таблиц. Список литературы содержит 256 источника, 158 из которых на иностранном языке.

Достоверность результатов работы обеспечена представительным набором количества образцов осадков (1750 образцов), современной методикой пробоподготовки, высокоточными аттестованными аналитическими методами исследования и апробацией результатов исследований на российских и международных совещаниях и конференциях.

Практическая значимость определяется возможностью использования результатов работы для выявления степени влияния природных и антропогенных факторов на динамику развития водных объектов Сибири, особенно ледников как важнейшей составляющей водных ресурсов.

Апробация результатов работы: основные положения работы в разное время докладывались более чем на 10 международных и всероссийских конференциях. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, среди них 8 статей (в том числе 5 – в зарубежной печати), рекомендованных ВАК РФ для защиты диссертаций.

Научная новизна исследований заключается в обосновании время образования крупнейшего ледникового комплекса Прибайкалья – Томпудинская морена, позволяющее говорить, что масштабы оледенения последнего ледникового максимума плейстоцена в Северном Прибайкалье были больше, чем это считалось ранее. Впервые определено время формирования современных ледников Восточной Сибири и с высоким временным разрешением определены индивидуальные характеристики динамики ледников Восточного Саяна, Байкальского и Кодарского хребтов в голоцене. Показано, что существует ответ ледников Восточной Сибири на изменения глобальных и региональных климатических параметров в голоцене и составлены корреляционные схемы. Разработана схема

биогеохимических признаков донных отложений озер, позволяющих реконструировать динамику движения ледников.

Обоснованность научных положений и выводов: диссертантом на защиту выносятся три защищаемых положения. Основные положения диссертации сформулированы четко, логически обоснованы и, несомненно, представляют научную и практическую ценность. Все научные положения обеспечены фактическим материалом, и апробированы, а основные выводы по результатам исследований автора следует считать обоснованными.

*Введение* содержит все необходимые для диссертаций атрибуты.

*В первой главе* рассматриваются глобальные и региональные проблематики изучения ледников Северного полушария. Показано, что в течение современного потепления климата, продолжающегося уже около 160 лет, происходит сокращение площади оледенения в Северном и в Южном полушариях. Проведен детальный анализ литературных данных по исследованию ледников Восточного Саяна, Байкальского и Кодарского хребтов, динамики ледников за последние 160 лет в различных районах Северного полушария, реконструкции колебания ледников на основе исследования донных осадков приледниковых озер.

*Во второй главе* диссертант даёт физико-географическое описание районов исследования и места локализации изучаемых озёр. Автор даёт обоснования что территории Восточной Сибири, расположенные вдали от океанов, испытывают дефицит влагообеспечения. Основным поставщиком влаги в регион является сильно редуцированный Северо-Атлантический влагоперенос. Есть замечание к данной главе. Автор диссертации детально описывает климатические, орографические особенности районов исследования, и метрические характеристики ледников, но не приводит карты схемы расположения озер, относительно тех ледников, динамику которых диссертант в дальнейшем исследует, используя данные по донным отложениям этих озер. На единственной схеме (рис.2.1.), нет легенды и отсутствуют ледники, которые исследуются.

*В третьей главе* диссертант освещает основные вопросы методологии данного исследования. Автор даёт детальную характеристику об использованных методах лабораторных исследований. Основное замечание к этой главе, что практически не описана методика отбора кернов, назван только пробоотборник. Есть несколько замечаний: непонятны условные обозначения к рис. 3.1. В подрисуночной подписи к рис.3.1. не хватает пояснений (что такое черный прямоугольник, к каким осям по у относятся какие линии, какая из черных линий, что обозначает). И зачем приведён рисунок если нет обсуждения? Как учитывалось, что % степени извлечения используемым методом разложения осадков при определении содержания методом ИСП-МС для Zr (50%), Nb (60%), а также Ti, Y. Содержания этих элементов активно используются в дальнейшем, в том числе и в

защищаемых положениях, а ошибка по Zr, Nb больше 50%. Данная информация важна при интерпретации результатов.

В главах 4 и 5, изложен основной фактический авторский материал, на базе которого сформулированы два защищаемых положения и именно материал этих глав, несомненно, является основой диссертации. В главе 4 рассматриваются результаты геохимических данных, литолого-биогеохимический состав наземных и озерных отложений, сопряженных с деятельностью ледников. На базе этих данных распределение элементного состава донных отложений прогляциальных озер и оз. Орон сгруппировано методами многомерной математической статистики в 2–3 геохимические группы и показано, что распределение этих групп тесно сопряжено с распределением содержаний биогенного кремнезема, полевых шпатов, органического углерода и диатомей. К сожалению, в этой главе отсутствует информация о минеральном составе конкретных кернов озер. И, при интерпретации геохимических данных диссертант никак выделенные геохимические группы не сопоставляет с реальным минеральным составом. Например, если в терригенной фракции присутствуют щелочные полевые шпаты, то Sr, как характерная их изоморфная примесь, может быть отнесен именно к ней. Возникает вопрос, почему содержания K на графиках никак не сопоставляется с содержанием полевых шпатов, то есть известно, что полевые шпаты представлены только плагиоклазом? В терригенной фракции подобных озер в значительных количествах обычно присутствуют слюды, в составе которых калий является одним из основных элементов, а Ti может входит в состав изоморфных примесей? И что подразумевается под биогенным кремнезёмом если диатомовые выделены отдельно?

В главе 5 результаты многомерной статистики с разбиением на группы элементов по каждому из исследованных озер, скомпилированы в единую базу данных. Проведен анализ главных компонент по каждому озеру, выполненный по скомпилированной базе данных первых трех компонент и на основе данного анализа выделены три группы элементов со схожим распределением элементов в каждом проанализированном керне. Группу/поле 1 составляют элементы Nb, Rb, Zr, Th, Y, Pb, Sr. Группу/поле 2 формируют K, Ti, Ca, Mn, Fe. Группу/поле 3 составляют Br, Cu, Mo, U, Ni, Zn. К сожалению, снова геохимические группы элементов не сопоставлены с реальным минеральным составом. Основное внимание в этой главе диссертант уделяет изучению взаимоотношения биотических и абиотических параметров донных отложений прогляциальных озер. На основе полученных данных диссертант делает вывод, что в распределении элементного состава проанализированных кернов выделяются геохимические группы элементов (Br, Cu, U, Mo) являющихся маркерами биогенной продуктивности озер и имеющих высокую корреляцию с распределением биогенного кремнезема, органического углерода и планктонных диатомей.

И автором выявлена отчетливая обратная взаимосвязь между интенсивным движением ледника и биопродуктивностью прогляциальных озер.

*Материалы шестой главы* посвящены реконструкции динамики ледников Восточной Сибири в позднплейстоцен-голоценовый период. На основе данного материала базируется третья защищаемое положение и именно материал этой главы, несомненно, является украшением диссертации. Диссертант делает вывод, что временной интервал 0–3 тыс. л. н. по климатическим параметрам был подходящим для формирования малых ледников в регионе и обосновывает то, что современные ледники, наблюдаемые сейчас, сформировались в течение Малого ледникового периода. Но почему-то в заключении в выводе под номером №5 утверждается «...регистрируются кратковременные эпизоды аридизации климата, хронологически совпадающие с периодами так называемых потеплений – Римский климатический оптимум (около 2 тыс. л. н.) и Средневековое потепление (около 1 тыс. л. н.). В результате чего данные ледники растаяли.», так какие ледники растаяли? По интерпретационной части этой главы касающихся диатомовых летописей имеется замечание: автор на стр. 100 утверждает, что в малых озерах первого типа основным фактором, определяющим развитие фитопланктона этих озер, является мутность воды. Когда большое количество взвешенного тонкодисперсного кластогенного материала оказывает негативное влияние на развитие диатомей. При этом интенсивность поставки терригенного материала в озеро находилась в прямой зависимости от динамики таяния ледников. С другой стороны, на стр. 101 утверждается, что для озер второго типа снижения видового разнообразия фитопланктона вызвано интенсивным притоком талых вод, обедненных питательными компонентами, на фоне интенсивного таяния ледников. И делается предположение, что драматическое снижение количества диатомовых после 1990-х годов в озерах второго типа вызвано интенсивным притоком талых вод, обедненных питательными компонентами. Но почему интенсивные потоки вод стали обеднены Si? Почему в данном случае фактор мутности вод не рассматривается?

*В заключение диссертации* выделены основные закономерности, установленные Степановой О.Г. в процессе работы.

Отмеченные замечания и недостатки не снижают общего отличного впечатления от предлагаемой к защите работы.

Оценивая диссертацию в целом, можно констатировать, что она представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований, решены задачи, имеющие существенное значение для решения некоторых фундаментальных проблем наук о Земле. Диссертация написана единолично, содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для защиты. Диссертация отвечает

необходимым требованиям, а её содержание соответствует специальности 25.00.09 - Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает важные её положения.

На основании выше изложенного считаю, что представленная к защите работа «Реконструкция динамики ледников Восточной Сибири в голоцене – позднем плейстоцене на основе расшифровки минералого-геохимических сигналов из донных осадков прогляциальных озер», является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г., а её автор – Степанова Ольга Геннадьевна заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 - Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Доктор геолого-минералогических наук,  
профессор кафедры минералогии и  
геохимии ГГФ НГУ, в.н.с. лаборатории  
геохимии благородных  
и редких элементов

В.Д.Страховенко

ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН  
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3  
<http://www.igm.nsc.ru>  
e-mail: [strahova@igm.nsc.ru](mailto:strahova@igm.nsc.ru)  
тел.: 8-383-330-81-10

**ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ**  
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ  
ШИПОВА Е.Е.  
2019г.

Я, Страховенко Вера Дмитриевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

11 сентября 2019 г.

