

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.059.01**  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15 октября 2019 г., № 6.

О присуждении СТЕПАНОВОЙ ОЛЬГЕ ГЕННАДЬЕВНЕ, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Реконструкция динамики ледников Восточной Сибири в голоцене – позднем плейстоцене на основе расшифровки минералого-геохимических сигналов из донных осадков прогляциальных озер» по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; принята к защите 26.06.2019 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 003.059.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1А, приказ № 194/нк от 22 апреля 2013 г.

Соискатель Степанова Ольга Геннадьевна, 1978 года рождения, в 2001 году окончила Иркутский государственный университет по специальности «Химия»; в 2018 году завершила обучение в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук; работает научным сотрудником лаборатории междисциплинарных эколого-экономических исследований и технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Лимнологического института Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН). Диссертация выполнена в лаборатории палеолимнологии ЛИН СО РАН.

**Научный руководитель** – Федотов Андрей Петрович, доктор геолого-минералогических наук, ЛИН СО РАН, заведующий лабораторией палеолимнологии, директор.

**Официальные оппоненты:**

1. Страховенко Вера Дмитриевна, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и геохимии ГГФ НГУ, ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии благородных и редких элементов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИГМ СО РАН, г. Новосибирск).

2. Субетто Дмитрий Александрович, доктор географических наук, декан факультета географии, заведующий кафедрой физической географии и природопользования, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена (ФГБОУ ВО РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург), дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет" (ФГАОУ ВО КФУ, г. Казань), в своем положительном заключении, утвержденное Минзариповым Риязом Гатаулловичем, доктором социологических наук, первым проректором ФГАОУ ВО КФУ; подписанным Нургалиевым Данисом Карловичем, доктором геолого-минералогических наук, профессором, директором Института геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО КФУ, подписанное на совместном заседании кафедры геофизики и геоинформационных систем 29 августа 2019 г. (протокол № 1). В заключении отмечено, что диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения можно считать обоснованными. Работа базируется на представительном объеме исходных полевых и аналитических данных, гипотез, примеров и расчетов.

Также в отзыве ведущей организации было отмечено, что диссертационная работа Степановой О.Г. соответствует квалификационным требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, как в российских, так и в иностранных изданиях. Из них 8 статей, индексируемых в базах данных WOS и Scopus; 3 статьи – в журналах из списка ВАК.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Степанова О.Г.**, Трунова В.А., Сидорина А.В., Зверева В.В., Мельгунов М.С., Петровский С.К., Крапивина С.М., Федотов А.П. Исследования донных осадков прогляциального озера Эхой (Восточный Саян) методом РФА-СИ // Известия РАН. Серия «Физическая». – 2015. – Т. 79. – №1. – С. 132–136. – (Перечень ВАК, Scopus).

2. Trunova V.A., **Stepanova O.G.**, Zvereva V.V., Sidorina A.V., Melgunov M.S., Petrovskii S.K., Rakshun Ya.V., Fedotov A.P. Tracing recent glacial events in bottom sediments of a glacial lake (East Sayan Ridge, Russia) from high-resolution SR-XRF, ICP-MS, and FTIR records // X-Ray Spectrometry. – 2015. – V. 44. – P. 255–262. – (Scopus).

3. **Stepanova O.G.**, Trunova V.A., Zvereva V.V., Melgunov M.S., Fedotov A.P. Reconstruction of glacier fluctuations in the East Sayan, Baikalsky and Kodar Ridges (East Siberia, Russia) during the last 210 years based on high-resolution geochemical proxies from proglacial lake bottom sediments // Environmental Earth Sciences. – 2015. – V. 74. – P. 2029–2040. – (Scopus).

4. Fedotov A.P., Trunova V.A., Enushchenko I.V., Vorobyeva S.S., **Stepanova O.G.**, Petrovskii S.K., Melgunov M.S., Zvereva V.V., Krapivina S.M., Zheleznyakova T.O. A 850-year record climate and vegetation changes in East Siberia (Russia), inferred from geochemical and biological proxies of lake sediments // Environmental

Earth Sciences. – 2015. – V. 73. – P. 7297–7314. – (Scopus).

5. Vorobyeva S.S., Trunova V.A., **Stepanova O.G.**, Zvereva V.V., Petrovskii S.K., Melgunov M.S., Zheleznyakova T.O., Chechetkina L.G., Fedotov A.P. Impact of glacier changes on ecosystem of proglacial lakes in high mountain regions of East Siberia (Russia) // Environmental Earth Sciences. – 2015. – V. 74. – P. 2055–2063. – (Scopus).

6. **Степанова О.Г.**, Трунова В.А., Зверева В.В., Мельгунов М.С., Петровский С.К., Крапивина С.М., Федотов А.П. Реконструкция динамики ледника Перетолчина (Восточный Саян) в XX веке на примере изучения донных осадков прогляциального озера Эхой // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56. – № 9. – С. 1621–1629. – (Перечень ВАК, Web of Science, Scopus).

7. Petrovskii S.K., **Stepanova O.G.**, Vorobyeva S.S., Pogodaeva T.V., Fedotov A.P. The use of FTIR methods for rapid determination of contents of mineral and biogenic components in lake bottom sediments, based on studying of East Siberian lakes // Environmental Earth Sciences. – 2016. – 75:226. – (Scopus).

8. Федотов А.П., Воробьева С.С., Бондаренко Н.А., Томберг И.В., Жученко Н.А., Сезько Н.П., **Степанова О.Г.**, Мельгунов М.С., Иванов В.Г., Железнякова Т.О., Шабурова Н.И., Чечеткина Л.Г. Влияние природных и антропогенных факторов на развитие удаленных озер Восточной Сибири за последние 200 лет // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 2. – С. 394–410. – (Перечень ВАК, Web of Science, Scopus).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**Отзывов без замечаний - 4:**

1) **д.г.-м.н. Акулов Н.И.** (ФГБУН Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск)

2) **к.б.н. Фролова Л.А.** (ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань)

3) **к.г.-м.н. Кононов Е.Е.** (ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск)

4) **к.г.-м.н. Погодаева Т.В.** (ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск)

### Отзывов с замечаниями – 11:

1) **д.г.н. Махинов А.Н.** (ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск): Недостаточно обоснованные выводы о полном стаивании ледников к началу голоцена и их формирование в малый ледниковый период.

2) **д.г.-м.н., проф. Плюснин В.М.** (ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск): 1. Что понимается под понятием «свежего» материала? 2. Элементы первой группы связаны с изменением летних температур. Каких изменений, увеличением или уменьшением? 3. Не понятен вывод номер два. При интенсивном движении ледника увеличивается мутность вод и как следствие уменьшается биологическая продуктивность озер. Но далее утверждается, что и при стационарном состоянии, когда этой мутности нет, также негативно сказывается на их биопродуктивности. 4. Не доказательно третье защищаемое положение, а также третий и пятый выводы о том, что ледники Восточного Саяна, Кодара и Байкальского хребтов полностью растаяли к началу голоцена. Не подкреплён доказательством и четвёртый вывод. 5. Встречаются не научные термины «передняя граница ледника», «не выветренный материал», «первый период (1800- 1890 гг.) в ответ на «Современное потепление», «отклик ледников». В последнем случае откликом будет поставка материала, реагирующая на динамику ледников, а не наоборот.

3) **д.б.н. Рогозин Д.Ю.** (Институт биофизики СО РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН, г. Красноярск»): 1. Мне показалось, что на Рис. 3 распределение кварца и элементов «второй» группы недостаточно наглядно отражают выводы автора относительно динамики ледника, изображенной на этом же рисунке. 2. Из текста автореферата мне осталось непонятным, является ли Глава 2 оригинальной, описывающей собственные результаты автора, либо это по сути тоже литобзор? 3. Ни в описании Главы 1, ни в остальном тексте автореферата я не нашел, где же расположена Томпудинская морена. 4. В формулировках встречаются стилистические недочеты: например, словосочетание «биологическое изучение» в

задаче 1 выглядит жаргонным, в задаче 2 словосочетание «хронология динамики» неудачно, поскольку динамика – это и есть изменение во времени.

4) **к.г.н. Осипов Э.Ю.** (ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск): 1. Задача 3 (изучение наземных разрезов), на мой взгляд, слабо коррелируется с заявленной целью работы (изучение высокогорных озер). 2. В главе 6 приводятся данные о времени формирования Томпудинской морены на побережье Байкала, однако не совсем ясно, как эти данные ("формирование морены 9–11 тыс. л. н.") подкрепляют 3-е защищаемое положение ("ледники полностью растаяли к началу голоцена"). 4. Автор использует факторный анализ (выделение главных компонент) при интерпретации геохимических профилей. Однако из текста автореферата неясно каков был разброс исходных данных и проводилось ли их нормирование перед выделением главных компонент. Почему при статистическом анализе (выделение 3-х кластеров элементов) распределения химических элементов для всех исследованных озер (рис. 1) автор ограничился только 2-мя главными компонентами, объясняющими всего около 50% общей дисперсии? 5. Не совсем понятно, как выделенные 3 группы элементов соотносятся с геохимией моренных отложений и взвешенных частиц в стоке (ледниковом и снеговом) в озера? Учитывалась ли инерционность ледников к климатическим изменениям при реконструкции их "двух состояний"? 6. Не совсем корректно экстраполировать реконструированную динамику единичных ледников на весь горный хребет (выводы 3–6), поскольку известно, что ледники даже в 2-х соседних бассейнах могут по-разному реагировать на климатические изменения (влияние экспозиции, морфологии горного обрамления, моренного покрова, термического режима льда и т.д.). 7. Отдельные подписи на рисунках 1, 2, 4 и 6 даны на английском.

5) **д.г.-м.н. Кривоногов С.К.** (ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск)

1. На стр. 58 диссертации автор называет исследованные береговые разрезы – береговые террасы, не террасы, а уступы. 2. Непонятный термин «террасированные морены». 3. В свете этих дискуссий возникает важный палеографический вопрос, никак не обсужденный в диссертации. Почему,

согласно О.Г. Степановой, в горах Кодара раннеголоценовые ледники находились высоко в области каров, а на Байкале – в позиции почти максимального выдвижения позднеплейстоценовых ледников? На мой взгляд, такой ситуации просто не существовало. В верховьях ледниковой долины р.Снежная торфяник, залегающий во внутренней части моренного вала стадии дегляциации в устье ручья Малый Субутуй, имеет возраст 11.2 14С т.л.н. (Бадинова и др., 1976) или почти 13 калиб. т.л.н. То есть, в раннем голоцене ледники тоже были высоко в горах.

6) **к.г.н. Сапелко Т.В.** (ФГБУН Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург): Единственное, что смущает в работе, это употребление странного термина «Современное потепление». На первой странице указано, что автор понимает под термином «Современное потепление» период с 1850 г. по настоящее время, однако результаты представленного исследования (стр.20) делают его не состоятельным, а основные выводы практически опровергают этот термин. Как видно из основных выводов диссертационной работы, именно в современный период, т.е. с 2000-х годов скорость таяния ледников Восточной Сибири замедлилась.

7) **член-корр. РАН, д.г.-м.н. Маслов А.В.** (ФГБУН Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург): 1. Что такое «прогляциальное озеро»? 2. Можно ли сразу «расшифровать сигнал» или его следует сначала получить, потом отфильтровать от подобных/близких, потом соотнести с возможными событиями/процессами, затем верифицировать и только после этого делать какие-то выводы? 3. Основная цель работы – расшифровка биогеохимических индикаторов палеоклимата, содержащихся в осадочных разрезах высокогорных озер... – вполне достигнута (я бы, правда обозначил ее немного иначе, а именно, как «анализ биогеохимических характеристик отложений... озер, позволяющих расшифровать особенности изменения климата...» но это из разряда редакционных замечаний).

8) **д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А., к.г.н. Решетова С.А.** (ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита): Формулирование автором по-разному временного периода изучения: то от современного к

древности («голоцене – позднем плейстоцене» – в названии работы и формулировке цели исследования), то наоборот (в «позднеплейстоцен – голоценовый» период – в названии Главы 6, ведь последовательность геологических событий, процессов и выделение периодов в реконструкции динамики ледников далее в работе рассматривается, как положено в эволюционной истории – от более древних к современным).

9) **д.х.н. Трунова В.А.** (ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск): Незначительное орфографическое замечание: в названии работы «голоцене–позднем плейстоцене» написано раздельно, на 3-й странице «голоцен–позднеплейстоценового» написано слитно, ниже раздельно.

10) **к.г.-м.н. Колесник О.Н.** (ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток): 1. Превышение рекомендованного объема автореферата. 2. Недостаточно тщательное литературное редактирование.

11) **д.ф.-м.н. Шмаков А.Н.** (ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск): По оформлению автореферата можно высказать небольшое замечание, касающееся приведенных на страницах 12 и 13 иллюстраций, на которых имеются обозначения на иностранном языке, и кроме того, нет комментариев к этим обозначениям.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д.г.-м.н. Страховенко В.Д. является ведущим российским специалистом в области изучения геохимии и минералогии экзогенных процессов, современных процессов континентального седиментогенеза и окружающей среды. Д.г.н. Субетто Д.А. – специалист, изучающий озера и их донные отложения с точки зрения палеогеографии, палеолимнологии, палеоклиматологии и геоэкологии. Это подтверждается их многочисленными научными публикациями, в том числе статьями в рецензируемой российской и зарубежной печати и монографиями. Выбор ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет" (ФГАОУ ВО КФУ, г. Казань) обоснован ведущими

научными позициями его коллектива во всестороннем изучении процессов осадконакопления в озерах Евразии, литолого-геохимическом изучении осадочных разрезов палеозоя и кайнозоя.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**Разработана** классификация геохимических групп элементов донных отложений озер, отражающих динамические характеристики ледников.

**Предложен** способ реконструкции динамики ледников юга Восточной Сибири на основе изучения биогеохимических индикаторов из озерных донных отложений.

**Доказано**, что имеется взаимосвязь между изменениями минеральной, геохимической и биологической компонент озер, имеющих контакт с ледниками и связанная с их динамикой; изученные ледники позднеплейстоценового оледенения полностью растаяли к 12 тыс. л. н., а современные образовались в малый ледниковый период.

**Введено** понятие динамических характеристик ледников, когда выделяются «активная» и «стационарная» фаза ледника, выраженные в смещении его нижней границы и экзарации ледникового ложа

**Теоретическая значимость исследования** обусловлена разработкой биогеохимических маркеров донных отложений, позволяющих выполнять реконструкцию динамики ледников. Предложены сценарии деградации ледников в позднем плейстоцене и формирование новых ледников в голоцене на ключевых горных хребтах Байкальской рифтовой зоны.

**Применительно к проблематике диссертации** результативно использованы методы рентгенофлуоресцентного анализа с синхротронным излучением в режиме непрерывного сканирования, индуктивно-связанной плазмы, инфракрасной спектроскопии, с помощью которых получены многочисленные характеристики элементного состава донных отложений прогляциальных озер. Использование столь разноплановых методик позволило детально изучить изменчивость минералого-геохимического сигнала в озерных

донных отложениях. В работе использован обширный литературный материал российских и зарубежных источников по теме исследования.

**Изложены** новые данные о подходах к интерпретации изменчивости геохимического состава донных отложений.

**Раскрыта** взаимосвязь между изменчивостью биотической и абиотической характеристик донных отложений и динамикой ледников.

**Изучены** аспекты формирования минералого-геохимических характеристик донных осадков в зависимости от климатических условий и динамики ледников в исследуемых озерах.

**Проведено** палеолимнологическое изучение геохимического состава озерных донных отложений. Определены основные геохимические группы элементов, позволяющие моделировать динамику ледников.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** заключается в том, что полученные результаты могут быть востребованы и применимы при изучении закономерностей межгодовой и многолетней изменчивости водных объектов Сибири; для выявления степени влияния природных и антропогенных факторов на динамику развития водных объектов; при изучении динамики развития ледников, как важнейшей составляющей водных ресурсов, и при прогнозировании явлений катастрофического характера.

**Определены** биогеохимические маркеры донных отложений и на основе этих результатов построены палеоклиматические реконструкции динамики ледников за последние 15 тыс. лет на юге Восточной Сибири.

**Сформирована** концепция интерпретации вещественного состава донных отложений для озер про- и перегляциального типа.

**Представлены** результаты моделирования вещественного состава озерных осадков с определенным элементным составом.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**  
для экспериментальных работ достоверность результатов подтверждается: использованием методов рентгенофлуоресцентного анализа с синхротронным излучением в режиме непрерывного сканирования, масс-

спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, инфракрасной спектроскопии, диатомового анализа; использованием методов инструментального датирования осадочных разрезов.

**теория построена** на широком использовании методов многомерной математической статистики обработки фактического материала. Смоделированные геохимические ассоциации позволяют реконструировать динамику ледников с климатическими условиями. Достоверность полученных и интерпретируемых данных подтверждается публикациями результатов исследования в рецензируемых журналах и их обсуждением на российских и международных конференциях.

**Идея диссертационной работы базируется** на обобщении научного опыта изучения влияния климатических условий водосборного бассейна на структуру и геохимический состав вещества, снесенного и накопленного в донных осадках озер.

**Полученные результаты** являются полностью оригинальными, используемые методы и подходы ранее, в изучаемых озерных системах, не были применены другими исследователями.

**Установлено**, что минералого-геохимический состав донных отложений озер, имеющих контакт с ледниками, адекватно отображает динамику данных ледников; распределение выделенных геохимических групп и диатомей являются универсальными, по крайней мере, для изученных ледников Восточной Сибири.

**Использована** представительная коллекция образцов донных отложений (1750 проб), позволившая получить статистически достоверные данные о минералого-геохимическом составе осадков.

**Личный вклад соискателя заключается** в выполнении определения элементного состава донных отложений методом ИСП-МС, в изучении литологических свойств осадков, цифровой обработке изображений кернов донных отложений с построением графиков изменчивости цветовой гаммы осадков; в участии в полевых исследованиях по изучению наземных ледниковых разрезов, в построении глубинно-возрастных моделей для осадочных разрезов и математической обработке полученных данных методами многомерной

статистики. Наиболее существенный вклад соискателем сделан в интерпретацию полученных результатов и формулировку оригинальных выводов, положенных в основу защищаемых положений, а также в подготовку публикаций и представление докладов по теме исследования на конференциях.

На заседании 15.10.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Степановой Ольге Геннадьевне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:

за - 17, против - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



/В.С. Антипин/

Ученый секретарь  
диссертационного совета

/Е.В. Канева/

15 октября 2019 г.