

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ИГХ СО РАН  
д.т.-м.н. А.Б. Перепелов  
« 10 » апреля 2025 г.



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Новикова Вячеслава Сергеевича  
«Геохимические индикаторы климатических изменений и катастрофических событий в  
позднеголоценовых отложениях озер Кучерлинское, Нижнее и Среднее Мультинские  
(Горный Алтай), Пеюнгда (Эвенкия) и Чаша (Камчатка)»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические  
методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа Вячеслава Сергеевича Новикова объемом 116 страниц состоит из Введения, четырех Глав с разделами, Заключения. Список литературы включает 157 наименований, из них 38 – на русском языке, 119 – на английском. Текст написан хорошим языком. Работа иллюстрирована 46 рисунками, 5 таблицами и приложениями (1-7).

### Актуальность темы и цель исследования

За последние десятилетия Земля претерпела более глубокие изменения, чем за прошедшие столетия и, прежде всего, из-за глобального потепления. Большинство людей не ощущают происходящего, но, если температура повысится всего на 2°C, это приведет к еще большим волнам жары, десятикратному освобождению Арктики ото льда летом и полному уничтожению коралловых рифов - мест обитания миллионов видов. Реконструкции температуры играют важную роль в понимании климатического фона, предшествовавшего инструментальным наблюдениям, понимании чувствительности климатической системы и повышении точности климатических прогнозов. Один из способов, которыми наука может решить эти вопросы, - получение как можно большего количества долговременных записей местной/региональной палеоэкологической информации. С этой точки зрения комплексное исследование донных отложений региональных озер, позволяющее получать высокоразрешающие и долговременные летописи для реконструкции и и/или верификации моделей глобального климата и

особенностей ответа региональных экосистем на эти изменения, является одним из наиболее актуальных направлений исследований. Изучение же элементного состава годично-слоистых отложений озер предоставляет особенно детальную и ценную информацию о динамике природной среды прошлого, определявшей модели процессов осадконакопления.

Целью исследований В.С. Новикова стал поиск зависимостей элементного состава донных отложений пресноводных озер разных регионов умеренных широт России от погодно-климатических условий, кратковременного воздействия тектонических и иных катастрофических событий для реконструкции условий осадконакопления в позднем голоцене.

### **Новизна полученных результатов и их практическая значимость**

Научная новизна исследований заключается, прежде всего, в выборе ранее не изученных методом микро-РФА-СИ объектов исследования и реконструкции количественных значений среднегодовых температур на основе высокоразрешающих геохимических данных. Еще одним важным элементом новизны является обнаружение в донных отложениях озер следов кратковременных катастрофических событий и верификация их генезиса и возраста на основе комплексного методического подхода. Полученные результаты имеют и практическую значимость, заключающуюся в возможности и необходимости их использования для создания кратко- и среднесрочных прогнозов сдвигов регионального климата и разработки на их основе специализированных курсов для студентов высших учебных заведений.

### **Фактический материал, методы исследований и степень достоверности результатов**

Диссертационная работа основана на изучении значительного количества исходного материала – донных отложений четырех озер из различных регионов Сибири и Дальнего Востока. Именно использованный комплекс методов и подходов является одним из особенно важных и замечательных достижений диссертанта. В.С. Новиков оперировал широким комплексом современных методов: выбор озер с годично-слоистыми архивами природных изменений, использование результатов батиметрического метода для поиска наиболее перспективной точки бурения в депоцентрах озер; применение современного оборудования для опробования верхних толщ озерных отложений; отбор кернов-репликантов; качественная фотодокументация вскрытых кернов; изготовление твердых препаратов и шлифов; использование синхротронного излучения для рентгенофлуоресцентного анализа (микро-РФА-СИ) и электронной микроскопии для

изучение морфологии и элементного состава образцов; рентгенофазовый и гранулометрический анализы; обязательное датирование верхней части отложений методом на основе распределения активности изотопов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{210}\text{Pb}$  и получение радиоуглеродных датировок (с применением ускорительной масс-спектрометрии) для остальной части отложений; использование современных программных сред и пакетов (среда R, пакет GRADISTAT v.9.1 и др.) для создания возрастных моделей и объективизации результатов. В целом, достаточный фактический материал и широкий комплекс методов его обработки и интерпретации позволили диссертанту получить достоверные результаты.

**Личный вклад автора** несомненен и заключается в участии выбора объектов исследования, в организации и участии в экспедиционных исследованиях, отборе кернов; пробоподготовке для аналитических исследований, самостоятельной работе с рентгеновским источником синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-4 ИЯФ СО РАН и со сканирующим электронным микроскопом; участии в обработке аналитических данных, интерпретации результатов, подготовке публикаций результатов в научных журналах.

**Основные результаты** по теме диссертации опубликованы в 5 статьях, входящих в реферативные базы данных ВАК, Web of Science и Scopus и доложены на 9 международных и всероссийских конференциях в форме устных и стендовых докладов.

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

**В первой главе, Особенности изучения озерных отложений**, изложены теоретические основы аккумуляции донных отложений озер, рассмотрены основные источники вещества, пути его переноса в воды озера, а, затем, и в его донные отложения. Обоснован выбор таких элементов, как бром Br и рубидий Rb в качестве основных показателей относительного изменения поступления в озеро потоков органического или литогенного вещества, соответственно. Также приведены описания преимуществ ежегодно-слоистых отложений (варв) как уникального архива изменений природной среды разного географического масштаба. Здесь же предложены подглавы, содержащие изложение основных методов, использованных в исследовании.

**Замечания и вопросы к первой главе.** Отсутствие общей картосхемы, демонстрирующей положение всех изученных озер, вынуждает прерывать чтение и обращаться к картографическим источникам для понимания охвата территории. Описание использованных методов и подходов не выделено в отдельную методическую главу.

Отсутствует рис. 2, где должны быть «показаны профили распространения Br, Rb и их отношения для керн оз. Пеюнгда». Не указана использованная калибровочная кривая для расчета калиброванного возраста измеренных  $^{14}\text{C}$  значений - OxCal вместе с IntCal13 или IntCal20? В целом, довольно много пунктуационных ошибок и терминологических упущений.

**Вторая глава, Озеро Кучерлинское, Среднее и Нижнее Мультиинские (Горный Алтай)**, отражает физико-географические условия района исследования, его геологическое строение, а также метод отбора кернов из озер Кучерлинское и Н. Мультиинское, процедуру их опробования и подготовки к аналитическим исследованиям. Затем, в этой же главе перечислены и вновь описаны методы и изложены результаты исследования визуально выделяемых слоев, изучения шлифов, свинцово-цезиевого и радиоуглеродного датирования кернов, их гранулометрического анализа.

Следует отметить высокое качество возрастной модели для донных отложений оз. Нижнее Мультиинское и, в целом, замечательно длительный период существования этого горного озера. Комплекс полученных для его отложений результатов показывает высокий потенциал озерного разреза для реконструкции природной среды почти всего голоцена. Только из-за грубого временного масштаба на шкале времени создается впечатление о том, что возраст отложений в керне начинается не с 0 лет. Также важным элементом новизны работы В.С. Новикова стало обнаружение в геохимической записи из отложений оз. Кучерлинское следов известного по историческим хроникам Монгольского землетрясения 1761 года. Обоснование этого события с применением комплекса литолого-геохимических методов и абсолютного датирования выглядит надежно. Сравнение же реконструированной динамики среднегодовых температур для бассейна оз. Кучерлинское с таковыми для ряда регионов северного полушария подтверждает корректность полученных диссертантом результатов и выводов для последних 1400 лет.

**Замечания и вопросы ко второй главе.** В разделе 2.1. как и в Приложении 4 нет ссылки на источник современной климатической информации. Отсутствует таблица 2.2, в которой, согласно тексту, представлен минералогический состав отложений двух озер. Перепутаны ссылки на рис. 2.14 и 2.15. Рисунок 2.15 должен быть рисунком 2.16. Кроме этого, требуется обсуждение того, насколько достоверно выглядит реконструкция температуры прошлого, если коэффициент линейной связи температуры в интервале 1940-2016 г.г. с реконструированной за этот же временной интервал составляет 0.62? И, конечно, следует ссылаться на более убедительные и современные публикации (вместо Волоковой, 1997; Ненашевой, 2013) при обсуждении времени и характера проявления

основных климатических событий последнего тысячелетия в Алтайском регионе. Более того, было бы очень показательным сравнение полученной диссертантом реконструкции со столь же детальной реконструкцией температуры воздуха на основе кислородно-изотопной записи из верхних трех метров ледяного керна Белуха (Aizen et al., 2016).

**Третья глава, Озеро Пеюнга (Эвенкия)**, содержит характеристику физико-географических условий центральной части Средне-Сибирского плоскогорья, где находится озеро и его водосборный бассейн, и геологического строения этой территории с акцентом на связь формирующих бассейн озера пород и химического состава донных отложений оз. Пеюнга. Озерные отложения имеют ленточно-слоистый характер, кроме того, отложения в обоих кернах из этого озера имели два даже визуально выделяемых (хорошо виден на приведенной качественной фотографии кернов) особенный светлый слой толщиной в несколько мм, находившийся на глубине 85 мм от вершины керна Pe-22-1 и на глубине 78 мм от вершины керна Pe-22-3. На основании полученной возрастной модели данный слой соответствует интервалу 1908–1910 гг., что позволяет связать его формирование со взрывом тунгусского космического тела ТКТ. Комплексное исследование отложений из этих светлых слоев с использованием оптической и электронной микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния и сканирующего  $\mu$ РФА-СИ подтвердило механизм их (слоев) образования в 1908-10 гг. за счет усиленного привноса терригенного материала и древесной золы, образовавшихся после взрыва ТКТ, вывала леса и последующего пожара. Эти новые данные и выводы следует рассматривать как важное и новое научное достижение диссертанта.

Реконструированные на основе геохимической записи количественные значения среднегодовых температур в бассейне оз. Пеюнга за последние 1400 лет в пределах оцененных погрешностей имеют тренд, аналогичный известным реконструкциям среднегодовых температур Арктики, Северной Европы и ряда других регионов северного полушария за последнее тысячелетие.

**Замечания и вопросы к третьей главе.** Нет ссылки на источник данных о параметрах современного климата Эвенкийского района. По всему тексту следует привести в единую форму употребление меры длины кернов – см или мм. Для сравнения полученных реконструкций с соседними регионами можно было использовать более современную литературу, например, для юга Республики Саха (работы немецких коллег, напр., Biskaborn et al., 2016; Baisheva et al., 2024); озер с плато Путорана (Self, A. et al., 2015), статьи Kobe et al., 2020, 2022.

**Глава 4, Озеро Чаша**, является не менее важной и интересной. В ней изложены результаты комплексного изучения донных отложений уникального озера кратерного генезиса, расположенного на п-ве Камчатка. Из отложений оз. Чаша получены и исследованы отложения двух кернов длиной 78 и 90 см. Особенное внимание при изучении кернов было уделено элементному составу темного слоя на глубине 5 см от поверхности кернов. Этот слой мог быть сформирован тефрой, поступившей в марте 1907 года от мощного извержения вулкана Ксудач, исторически зафиксированным проявлением активности молодого конуса Штюбеля, сформировавшегося около 1400 лет назад. Сравнение состава вулканического стекла в тефре и выше- и нижележащих слоях, полученного диссертантом, с имеющимися опубликованными данными показало, что метод микро-РФА-СИ выделил ограниченное количество элементов, но, тем не менее, Вячеслав Сергеевич делает вывод о том, что результаты не противоречат друг другу. На рис. 4.7 видно, что большая часть элементных отношений показывает положительную корреляцию. Поддерживающим аргументом в пользу отнесения слоя 1 к тефре 1907 г. служит возрастная модель верхней части кернов, основанная на результатах измерения активности изотопов  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

Замечания и вопросы к главе. В силу каких причин приведена скудная характеристика современного климата без упоминания численных значений его параметров, которые важны для проводимой в работе количественной реконструкции среднегодовых температур. Почему не выяснялась природа темного слоя на глубине 120 мм?

**Заключение.** Приводится обобщение основных достигнутых результатов. В качестве замечания отметим, что формулировки первого абзаца представлены общеизвестными утверждениями о возможностях микро-РФА. Последний абзац также не содержит конкретики.

#### **Общие замечания к работе.**

Текст содержит информация, более уместную для уровня дипломных работ. Отсутствует четко изложенная глава Методы. Формулировки защищаемых положений звучат как выводы, из них неясно, что конкретно защищается. Защищаемые положения не получили отражения в тексте диссертации в форме четких формулировок – где, чем подтверждается каждое из них. В работе недостает комплексного обсуждения результатов как единой картины с обобщающим графиком сравнения всех реконструированных в диссертации шкал среднегодовой температуры воздуха, что лишило работу выигрышного вывода межрегионального значения.

## Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат соответствует тексту диссертации, а его структура и содержание соответствуют основным положениям диссертационной работы. Текст скомпонован четче, чем в диссертации. Замечания к автореферату аналогичны таковым для диссертации, поэтому здесь не приводятся.

### Подтверждения опубликованных результатов диссертации в научной печати.

Результаты исследования донных отложений оз. Пеюнгда изложены в следующих публикациях:

1. Новиков В.С., Дарьин А.В., Бабич В.В., Дарьин Ф.А., Rogozin D.Yu. Геохимия донных отложений озера Пеюнгда (Тунгусский природный заповедник) и палеоклиматические реконструкции приарктических территорий Восточной Сибири // Геохимия. 2024. Т. 69 (5). С. 468-476.

2. Darin A.V., Rogozin D.Y., Novikov V.S. et al. Climatic Changes in the Arctic Regions of Eastern Siberia over the Last Millenium according to the Lithological–Geochemical Data on Bottom Sediments of Peyungda Lake (Krasnoyarsk Krai, Evenkia) // Dokl. Earth Sc. 2024. V. 514 (2). P. 349-353.

3. Novikov V.S., Darin A.V., Rogozin D.Yu., Meidus A.V., Babich V.V., Markovich T.I. Bottom sediments of Lake Peyungda as a natural archive of climatic and catastrophic events in the past // Limnology and Freshwater Biology. 2024. V 4. P. 487-492.

Результаты исследования донных отложений оз. Чаша изложены в следующих публикациях:

1. Darin A.V., Novikov V.S., Babich V.V. et al. Elemental Composition of Tephra in Lake Chasha Bottom Sediments (South Kamchatka) According to Scanning X-Ray Fluorescence Microanalysis with Synchrotron Radiation // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2024. V. 88 (1). P. 85–88.

2. Новиков В.С., Дарьин А.В., Чу Г. Находки следов криптотефры в донных отложениях оз. Чаша (Южная Камчатка) // Геология на окраине континента. III молодежная научная конференция-школа с международным участием, Владивосток, 16–20 сентября 2024 г.: материалы конференции / ДВГИ ДВО РАН. Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета. 2024.

3. Новиков В.С., Дарьин А.В., Чу Г. Поиск следов вулканических извержений методом РФА с использованием синхротронного излучения в донном осадке оз. Чаша (Южная Камчатка) // Международная конференция «Синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах (СИ и ЛСЭ-2024)».

Результаты исследования донных отложений озер Кучерлинское и Нижнее Мультиинское изложены в следующих публикациях:

1. Дарьин А.В., Чу Г., Санс Ц., Бабич В.В., Калугин И.А., Маркович Т.И., Новиков В.С., Максимов М.А., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.С., Ракшун Я.В., Гогин А.А., Сенин Р.А. Количественная реконструкция годовых температур воздуха Алтайского региона за последние 1400 лет по данным аналитической микростратиграфии ленточных глин оз. Кучерлинское // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 85 (1). С. 97-108.

2. Дарьин А.В., Чу Г., Сан Ц., Бабич В.В., Калугин И.А., Маркович Т.И., Новиков В.С., Дарьин Ф.А., Ракшун Я.В. Архив климатических изменений и сейсмических событий в ледниковых глинах озера Кучерлинского (Алтай) // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11 (3). С. 624-631.

3. Новиков В.С., Дарьин А.В., Максимов М.А. Датировка современных осадков озера Кучерлинское методами варвохронологии // Геология на окраине континента. 2019. С. 31-33.

4. Новиков В.С., Дарьин А.В., Бабич В.В., Маркович Т.И., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Карачурина С.Е., Рудая Н.А. Геохимические индикаторы климата в донных осадках озера Нижнее Мультиинское (по данным сканирующего микро-РФА на пучках синхротронного излучения) // Современные направления развития геохимии. Материалы Всероссийской конференции (с участием зарубежных ученых), посвящённой 65-летию Института геохимии им. А.П. Виноградова и 105-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона. Иркутск, 2022. С. 72-74.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным**

### **Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертационная работа Новикова В.С. вызывает положительное впечатление. Важным достоинством работы является комплексный подход к решению поставленных задач с использованием традиционных и современных методов изучения элементного состава донных отложений озер и их датирования, а также получение высокоразрешающей (с годичным шагом) реконструкции количественных значений среднегодовых температур воздуха последнего тысячелетия для трех регионов, расположенных в разных природно-климатических условиях. Сформулированные

замечания носят технический и рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки исследований.

Представленная диссертационная работа является законченным научно-квалификационным исследованием и отвечает критериям диссертаций, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней (пп. 9-11, 13 и 14), утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (ред. от 01.10.2028 г.), а именно:

*Диссертация отвечает одному из главных стратегических ориентиров, большим вызовам для общества, приведенных в Указе Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации», и конкретно «возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан, изменение климата и влияние последствий его изменения на различные отрасли экономики, население и окружающую среду». Результаты будут способствовать формированию высокоразрешающих моделей процессов аккумуляции донных отложений озер, пониманию климатического фона, предшествовавшего инструментальным наблюдениям, повышению точности кратко- и среднесрочных климатических прогнозов изученных районов. Результаты опубликованы в 5 статьях, входящих в реферативные базы данных ВАК, Web of Science и Scopus.*

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 1.6.4. – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», а ее автор, Новиков Вячеслав Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Отзыв подготовлен главным научным сотрудником, и.о. заведующей лабораторией экологической геохимии и эволюции геосистем Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук Еленой Вячеславовной Безруковой.

Отзыв на диссертационную работу Новикова Вячеслава Сергеевича рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (ИГХ СО РАН) – протокол №4 от 10 апреля 2025 года.

Безрукова Елена Вячеславовна,  
доктор географических наук,  
главный научный сотрудник, и.о. зав.лаб.  
Лаборатория экологической геохимии и эволюции геосистем (№ 24)  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (ИГХ СО РАН)  
Адрес: ул. Фаворского, 1а, г. Иркутск, 664033  
bezrukova@ige.irk.ru

Я, Безрукова Елена Вячеславовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись д.г.н. Безруковой заверяю.



Председатель Ученого совета ИГХ СО РАН,  
д.г.-м.н.  
Ученый секретарь ИГХ СО РАН,  
к.ф.-м.н.

А.Б. Перепелов

Мясникова А.С.