

## УТВЕРЖДАЮ



проректор МГУ имени М.В.Ломоносова  
доктор физико-математических наук  
профессор А.А. Федянин

21.10 2024

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» на диссертацию А.А. Екайкина «Формирование климатического сигнала изотопного состава ледяных отложений Центральной Антарктиды», представленной на соискание учёной степени доктора географических наук по специальности 1.6.8 — «Гляциология и криология Земли»**

**Структура диссертации:** Диссертация состоит из 9 глав, введения, заключения, 2х приложений, а также вынесенных в виде отдельных текстов «основных выводов», «гlossария», «списка сокращений». Объём работы составляет 339 страниц. Текст иллюстрирован 57 рисунками, включает в себя 3 таблицы. Список использованных источников включает 356 наименований.

Во **Введении** представляется важность исследований ледяных кернов для получения палеогеографической информации и место изотопного анализа воды среди других геохимических методов. Также, перечислены источники погрешностей в получаемых в результате изотопного анализа результатов, минимизации влияния которых работа автора и посвящена. Также представлены основные характеристики района исследования (Центральная Антарктида), кратко изложены цель и задачи исследования, перечислены пять выносимых на защиту положений. Здесь же описывается научная новизна представленной работы, её теоретическая и практическая значимость, личный вклад автора, апробация полученных выводов, описана структура работы и выражены благодарности многочисленным соавторам и коллегам.

В **первой главе** приведён обзор публикаций по проблеме интерпретации изотопных данных, представлена история становления метода реконструкции палео-температур по изотопному составу ледяных отложений, и описаны погрешности и ограничения этого метода. В виде выводов к главе сформулировано десять проблем, обсуждаемых в представленной к защите работе.

Во **второй главе** обсуждаются процессы, формирующие изотопный состав источника влаги, его изменения при переносе и выпадении, детально раскрываются используемые в работе понятия и определения, а также представляются простые и усовершенствованная

модель формирования изотопного состава осадков в Центральной Антарктиде (разработанная автором), анализируются результаты использования моделей изотопного фракционирования в моделях общей циркуляции атмосферы.

В **третьей главе** приведён детальный анализ изотопного состава осадков, с учётом типа выпадающих ледяных кристаллов, и описана методика его определения на станции Восток. Также, приведено сравнение с другими имеющимися данными.

В **четвёртой главе** анализируется эффект пространственной неравномерности в выпадении осадков на изотопный состав формирующейся снежной толщи, с детальным описанием наблюдений за снегонакоплением и их результатов, включая найденные статистические зависимости. Представлена роль этой неравномерности на временной ряд изотопного состава снежной толщи и делается заключение о временном разрешении кернов станции Восток.

В **пятой главе** обсуждаются изменения изотопного состава снежной толщи после отложения в результате массообмена с атмосферой, с привлечением результатов как полевых, так и лабораторных экспериментов. Результаты сравнены с данными других исследователей в других регионах. Также, проанализирована роль изотопной диффузии в снежной толще, приводящей к сглаживанию профилей изотопного состава. Делается вывод, что процессы, изменяющие изотопный состав снежно-фирновой толщи, являются крайне важной составляющей формирующегося профиля изотопного сигнала с глубиной.

В **шестой главе** автор рассматривает «второстепенные» факторы, способные влиять на представляемый изотопными данными климатический сигнал, предполагая, что главным из них может быть динамика ледника.

В **седьмой главе** приводится обзор методов построения изотопно-калибровочной функции для реконструкции палео-температуры воздуха. Вновь рассматриваются изотопные модели, уже в аспекте такой калибровки. Делается вывод, что анализ изотопных данных по глубоким кернам может производиться при использовании современной пространственной зависимости между изотопным составом снега и температурой.

В **восьмой главе** приведены «примеры» палео-климатических реконструкций в различном временном разрешении. Делается вывод, что изотопно-температурный метод действительно работает, хотя и требует дальнейшего усовершенствования.

В **девятой главе** перечисляются пробелы в изотопной теории. Вновь даётся указание на то, что изменения изотопного состава снега после отложения остаётся наименее изученным её компонентом. Предлагаются дальнейшие пути его изучения.

В **заключении** приводится оценка погрешности изотопно-температурного метода температурной реконструкции как 30% и приводятся основные выводы исследования (в количестве 10), подтверждающие заявленные автором защищаемые положения.

Резюмируя содержание представленной на защиту работы, можно заключить, что:

**Актуальность** работы заключается в развитии изотопно-температурного метода палеоклиматических реконструкций по данным ледяных кернов Центральной Антарктиды и детальном анализе всех факторов, влияющих на результат, а также в оценке точности этого метода и выявлении направлений его дальнейшего развития.

Так как в работе использованы натурные данные, полученные непосредственно на в районе исследования, с привлечением данных лабораторных исследований, выводы и заключения представляются **обоснованными и достоверными**.

Проведённые автором исследования и полученные результаты, несомненно, в значительной степени несут в себе **новизну**, так как представленный обзор всех процессов, влияющих на климатический сигнал, представлен впервые, как и разработанная автором модель интерпретации изотопного состава ледяного керна.

**Значимость** полученных результатов заключается в возможности использования модели и представленных данных об изотопном составе осадков, сопутствующем изотопном составе водяного пара атмосферы и зависимости изотопного состава снежной толщи от рельефа поверхности снежной толщи, при палео-климатических реконструкциях на основе ледяных кернов других ледников.

Работа в значительной степени основана на результатах, полученных **лично** автором, от участия в бурении на станции Восток и отбора образцов в Центральной Антарктиде до их обработки и инструментального анализа в лаборатории.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

Получившаяся структура представленной работы содержит большое количество отсылок от одних глав и подглав к другим, что усложняет восприятие материала и его места в общей канве излагаемого материала. При этом сама структура крайне сложна, напрашивается максимум 5 глав, по числу защищаемых положений, а не по числу «целей».

Автор называет свою изотопную модель «усовершенствованной», относя при этом к «простым», что противоречит структуре второй главы.

Автор пишет об ограничении себя районом Центральной Антарктиды, используя, в числе прочего, данные из Восточной Антарктиды, указывая на это непосредственно в оглавлении. Много обсуждаются «пробелы» и возможные направления дальнейших исследований, но не представлено чёткого изложения на сколько их стало меньше в результате полученных автором данных и использования «усовершенствованной модели».

Из «технических замечаний»:

На рисунке 2.1 стоило бы указать порядок толщин представленных слоёв, что такое «тонкий» может пониматься по-разному

Рисунку 2.3 не помешало бы раскрытие использованных символов в подписи к рисунку вместо «См. пояснение в тексте»

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Тем не менее, представленная диссертация выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Особенно следует отметить детальность рассмотрения всех факторов, влияющих на формирование климатического сигнала кернов из Центральной Антарктиды. Впечатляет объём работ, проделанных непосредственно автором как в экспедициях, так и в лаборатории.

По результатам проведённой работы опубликовано 49 публикаций только в ведущих рецензируемых научных журналах. Результаты неоднократно представлялись на крупных международных и всероссийских конференциях.

Учитывая изложенное выше, диссертация Екайкина Алексея Анатольевича «Формирование климатического сигнала изотопного состава ледяных отложений Центральной Антарктиды», представленная на соискание учёной степени доктора наук по научной специальности 1.6.8 — «Гляциология и криология Земли», является единолично-выполненным диссертационным исследованием, в котором проанализированы все факторы, влияющие на формирование изотопного сигнала в ледниковых кернах Центральной Антарктиды и предложена модель для восстановления по этому сигналу палео-температур со значительно большей точностью, чем это было возможно раньше. Практическое применение заключается в возможности использования собранных автором данных и созданной модели для интерпретации вновь получаемых ледяных кернов.

### **Заключение**

Диссертационное исследование Екайкина Алексея Анатольевича является единолично-выполненным диссертационным исследованием на актуальную тему, имеющую научную и практическую значимость, имеет достаточную апробацию в виде ряда публикаций в ведущих мировых изданиях, а также докладов на конференциях различного уровня.

По совокупности результатов диссертационной работы можно констатировать, что Екайкин А.А. внёс крупный научный вклад в развитии изотопно-температурного метода палео-климатических реконструкций. Результаты исследования могут квалифицироваться как научное достижение. По своей актуальности, научной новизне, обоснованности и достоверности полученных результатов представленная диссертационная работа Екайкина А.А. «Формирование климатического сигнала изотопного состава ледяных отложений Центральной Антарктиды» соответствует требованиям, установленным в пунктах 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и предъявляемым требованиям к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Работа соответствует паспорту научной специальности 1.6.8 — «Гляциология и криология Земли». Считаем, что автор диссертации, Екайкин Алексей Анатольевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора географических наук по специальности 1.6.8 — «Гляциология и криология Земли».

**Отзыв подготовлен**

Роговым Виктором Васильевичем, д.г.н., инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение, профессор кафедры криолитологии и гляциологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова



Сократовым Сергеем Альфредовичем, зам. декана по научной работе Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, PhD Environmental Earth Sciences, к.г.н. гидрология суши, водные ресурсы, геохимия.



Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры криолитологии и гляциологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (протокол № 5 от 18 октября 2024 г.).

119991, РФ, Москва, Ленинские горы 1, МГУ имени М.В. Ломоносова,  
Географический факультет, тел. +7 495 939 2123, sokratov@geogr.msu.ru

подпись В.В. Рогова и С.А. Сократова заверяю  
Декан географического факультета МГУ,  
академик РАН С.А. Добролюбов  
21.10.2024

