

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Дьяковой Галины Сергеевны «Каменные глетчеры Центрального Алтая», представленную на соискание учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.14 – Геоморфология и палеогеография

Актуальность темы исследования

Каменные глетчеры представляют собой одну из наиболее дискуссионных категорий форм рельефа перигляциальной зоны: их генезис, таксономическая принадлежность и место в системе «оледенение – многолетняя мерзлота» до настоящего времени остаются предметом полемики между гляциологами и геокриологами. На фоне устойчивой деградации горного оледенения Алтая эти образования приобретают самостоятельное значение как консервативные (по сравнению с ледниками) скопления льда, как индикаторы современных и палеомерзлотных условий и как источники селевой опасности и подпруживания русел. При этом Алтай, в отличие от Тянь-Шаня, Кавказа и северо-востока России, до недавнего времени не имел сводного регионального каталога каменных глетчеров, а сведения об их внутреннем строении носили точечный характер.

Таким образом, работа Г.С. Дьяковой, посвящённая выявлению закономерностей географии распространения, строения и генезиса каменных глетчеров Центрального Алтая, отвечает актуальным задачам региональной геоморфологии, гляциологии и геокриологии и имеет очевидный прикладной выход в оценку водозапаса территории, инженерно-геологическое обоснование хозяйственного освоения высокогорий и тематическое картографирование. Тема диссертации полностью соответствует паспорту специальности 1.6.14 – Геоморфология и палеогеография в части изучения генезиса, морфологии, динамики и географического распространения форм рельефа криогенного и гляциального происхождения и факторов рельефообразования.

Структура, объём и краткое содержание работы

Диссертация изложена на 130 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, списка литературы (117 наименований, из них 38 на иностранных языках) и девяти приложений; содержит 57 иллюстраций и 1 таблицу. Структура работы логична и подчинена последовательному раскрытию поставленных цели и шести задач.

В первой главе выполнен обзор представлений о каменных глетчерах: история изучения, терминология, факторы и гипотезы формирования, время образования, внутреннее строение, динамика и морфология. Обзор корректно отражает основные линии дискуссии (Д. Барш, А.Е. Корте, У.Б. Уолли, А.П. Горбунов, А.А. Галанин, Н.Н. Михайлов, О.В. Останин) и доведён до современного состояния вопроса, включая деятельность рабочей группы IPA по инвентаризации каменных глетчеров и публикации 2024–2025 гг.

Вторая глава посвящена методам (геоморфологические, дистанционный, включая аэрофотосъёмку с БПЛА, геодезический, геофизический, геоинформационный) и авторским методикам дешифрирования и каталогизации, выделения верхних границ и определения активности каменных глетчеров. Третья глава характеризует геологические, геоморфологические, климатические, гидрологические, палеогляциологические, мерзлотные и ландшафтные условия формирования объектов исследования. Четвёртая глава содержит региональную морфогенетическую классификацию каменных глетчеров Алтая, построенную на основе схемы Д. Барша, и описание принципов каталогизации. В пятой главе изложены результаты: география распространения 3180 объектов, морфология каменных глетчеров на ключевых участках по данным аэрофотосъёмки и их внутреннее строение по данным электротомографии на четырёх ключевых участках.

Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов

Обоснованность результатов обеспечивается значительным объёмом фактического материала, накопленного автором за пятнадцатилетний период полевых исследований (2010–2025 гг.), сочетанием независимых методов (визуальное дешифрирование разновременных и разнотемпературных материалов ДЗЗ, аэрофотосъёмка с БПЛА с построением ортофотопланов и ЦМР разрешением 5–15 см, высокоточная GNSS- и тахеометрическая съёмка, электротомография станцией «Скала-48» с двумерной инверсией в Res2Dinv, георадиолокация), а также поддержкой исследований грантом РФФИ, руководителем которого являлась соискатель.

Внутренняя согласованность количественных данных проверена оппонентом выборочно и подтверждается: суммы объектов по хребтам ($1455 + 1016 + 709$) и по типам, а также суммарные площади ($134,5 + 107,1 + 70,9$ км²) соответствуют заявленным итогам — 3180 объектов и 312,5 км². Полученные геоэлектрические характеристики (удельное электрическое сопротивление каменно-ледяных ядер от первых десятков до первых тысяч кОм·м при значениях для активного слоя 0,1–3 кОм·м) согласуются с результатами исследований в Швейцарских Альпах и на Шпицбергене, на что автор корректно указывает.

Результаты прошли широкую апробацию: основные положения доложены на 18 конференциях и семинарах всероссийского и международного уровня, включая Европейскую конференцию по мерзлотоведению, гляциологические симпозиумы и конференции геоэлектриков России. По теме диссертации опубликовано 36 работ, в том числе 4 статьи в журналах перечня ВАК (3 из них в RSCI), 5 статей в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science, монография; зарегистрировано четыре базы данных. Объём и уровень публикаций полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость

К наиболее существенным новым результатам следует отнести: (1) первую региональную морфогенетическую классификацию каменных глетчеров Алтая, адаптирующую схему Д. Барша к региональным условиям и вводящую генетически содержательные термины «гляциогенный поток», «криогенный поток» и «каменный глетчер смешанного генезиса», а также дополнительный классификационный признак — единовременность формирования (число генераций); (2) наиболее полный к настоящему времени каталог и ГИС-проект «Каменные глетчеры Центрального Алтая», охватывающий 3180 объектов общей площадью 312,5 км²; (3) первое для региона сопоставление внутреннего строения каменных глетчеров высокогорной и среднегорной областей на основе электротомографии.

Практическая значимость определяется возможностью использования каталога и ГИС-проекта при оценке водозапасов, уточнении границ распространения многолетнемерзлых пород, составлении геоморфологических и ландшафтных карт крупного масштаба, а также в территориальном планировании и инженерных изысканиях в высокогорье. Введённый в научный оборот фактический материал, безусловно, будет востребован специалистами.

Оценка защищаемых положений

Первое защищаемое положение (о преобладании криогенных потоков, их более широком высотном диапазоне и расположении фронтов активных криогенных потоков на 800–1000 м ниже языков ледников) обосновано материалами сплошного дешифрирования и подкреплено сопоставлением с Каталогом ледников России; оно представляется доказанным на уровне морфометрической статистики.

Второе положение (о повышении средней высоты распространения каменных глетчеров с запада на восток — с 2250 до 2730 м у криогенных и с 2310 до 2890 м у гляциогенных потоков) логично увязано с ростом абсолютных высот днищ долин, аридизацией и повышением фронтов ледников и представляется убедительным, хотя его статистическое обеспечение нуждается в усилении (см. ниже замечание 6).

Третье положение (о различиях внутреннего строения криогенных потоков высокогорья и среднегорья и о влиянии экспозиции на глубину залегания каменно-ледяных ядер) является наиболее оригинальным, но и наиболее уязвимым: оно опирается на ограниченную выборку геофизических профилей и на интерпретацию удельного электрического сопротивления, допускающую неоднозначное прочтение (замечания 3 и 4).

Замечания и дискуссионные вопросы

Наряду с общей положительной оценкой работы считаю необходимым высказать следующие замечания.

1. Терминологическое противоречие. На с. 14 указано, что в зарубежной литературе образования мерзлотного происхождения именуются *ice-cemented rock glaciers*, а возникшие из ледников — *ice-cored rock glaciers*. Однако в п. 1.2 (с. 16–17) в синонимический ряд гляциогенных потоков помещён термин *ice-cemented rock glaciers*, а криогенных потоков — *ice-cored rock glaciers*, то есть прямо противоположно только что приведённому определению. Поскольку терминологическая унификация заявлена одной из задач работы, это противоречие должно быть устранено.
2. Риск круговой аргументации при типизации. Отнесение объекта к гляциогенному или криогенному потоку выполнено по косвенным дешифровочным признакам (положение в долине, отношение к современному оледенению, характер питающего материала). Между тем в основу классификации положен генезис ледяного ядра, который фактически установлен лишь на четырёх ключевых участках. В результате выводы о различиях высотного положения и внутреннего строения типов частично предопределены самой процедурой их выделения. Желательно было бы оценить устойчивость типизации, например, путём независимой проверки на контрольной выборке.
3. Неоднозначность геофизической интерпретации. Вывод о более высокой льдистости высокогорных объектов (защищаемое положение 3, вывод 6 заключения) сделан по возрастанию удельного электрического сопротивления с высотой. Однако на с. 98 автор сама объясняет аномально высокие значения УЭС понижением температуры мёрзлых пород, а не увеличением содержания льда. Таким образом, один и тот же признак трактуется в работе двояко. Разделение вкладов льдистости, температуры, содержания незамёрзшей воды и литологии требует применения четырёхфазных петрофизических моделей, совместной инверсии электротомографии с сейсморазведкой или георадиолокацией либо заверки бурением. Не приводятся также характеристики качества инверсии (невязка, глубина исследования, тесты чувствительности), без которых трудно судить о надёжности выделения подошвы каменно-ледяного ядра.
4. Пересчёт УЭС в температуру. Оценка температуры каменно-ледяных ядер (-5°C и $-0,5 \dots -1^{\circ}\text{C}$) выполнена с использованием зависимости удельного сопротивления от температуры, полученной для ледникового льда. Правомерность переноса этой зависимости на льдонасыщенный крупнообломочный материал не обоснована, погрешность оценки не указана, а сам источник (Фролов, 1998) в списке литературы отсутствует — как и ссылка (Loke, 2003) на алгоритм инверсии.

5. Определение активности и отсутствие кинематических данных. Активность объектов установлена исключительно по косвенным морфологическим признакам, тогда как современная международная практика (в том числе рекомендации рабочей группы RGIS IPA, упомянутой на с. 15–16) предполагает кинематическое обоснование по данным дифференциальной интерферометрии или повторных ЦМР. В работе имеются GNSS- и тахеометрические измерения по 20–25 маркированным точкам, однако полученный результат («скорость течения не превышает первых сантиметров в год») приведён лишь в главе методов, без указания периода наблюдений, точности и разброса значений, и не вынесен в результаты. Эта величина на порядок ниже типичных для активных каменных глетчеров скоростей (первые дециметры — первые метры в год) и нуждается в комментарии.
6. Статистическое обеспечение выводов. При выборке в 3180 объектов в работе приведена всего одна таблица, а результаты представлены преимущественно в виде долевых диаграмм. Для заявленных зависимостей (в частности, коэффициента корреляции 0,7 между средней высотой гляциогенных потоков и долготой) не указаны объём выборки, уровень значимости и доверительные интервалы; различия средних высот по экспозициям и между типами не подкреплены статистическими критериями. Сводные морфометрические характеристики (медианы, квартили, стандартные отклонения площадей, длин, уклонов по типам и хребтам) в тексте отсутствуют.
7. Оценка точности дешифрирования и полноты каталога. Не приводится ни оценка погрешности проведения границ (особенно верхних, которые сама автор справедливо называет наиболее сложным вопросом и признаёт местами условными), ни оценка воспроизводимости результата, ни нижний порог обнаружения объектов. Указание на минимальную площадь 0,0012 км² (около 1200 м²) требует пояснения, при каком именно материале съёмки такие объекты уверенно выделяются. Каталог не сопоставлен количественно ни с более ранними каталогами автора и О.В. Останина, ни с зарубежными инвентаризациями; методические документы рабочей группы RGIK в списке литературы отсутствуют, хотя сама группа в тексте упоминается.
8. Исходные данные и цифровая модель рельефа. Пространственное разрешение Landsat указано как «28 и 14 м/пиксель» (фактически 30 и 15 м); разрешение RapidEye во введении указано 5 м/пиксель, а в п. 4.2 — 6,5 м/пиксель; во введении в перечне источников фигурирует Sentinel-2, а в п. 4.2 — ALOS, но не Sentinel-2. Перечень сцен и дат съёмки не приведён. Расчёты уклонов и экспозиций выполнены по ЦМР SRTM (около 30 м) для объектов средней площадью 0,1 км², что для мелких форм сопоставимо с размером нескольких ячеек; выбор SRTM при доступности ALOS AW3D30, Copernicus GLO-30 и собственных ЦМР с БПЛА не обоснован. Не указаны проекция и способ вычисления площадей (проекционный или геодезический), что существенно при суммировании 312,5 км² в горном регионе.
9. Палеогеографический аспект. Заявленная во введении возможность реконструкции климата прошлых эпох по неактивным каменным глетчерам и раздел 1.3.3 о времени их образования не получили развития: собственные датировки (лихенометрия, радиоуглеродный анализ, космогенные изотопы) в работе отсутствуют, а вывод о том, что 1,5 % объектов расположены вне области позднеплейстоценового и голоценового оледенения, опирается на картографический материал 1978 г. Для специальности, вторая часть шифра которой — палеогеография, этот раздел раскрыт слабее геоморфологического.
10. Оценка водозапаса. Тезис о том, что суммарная площадь каменных глетчеров вдвое меньше площади оледенения Алтая, некорректен по охвату: каталог составлен для Центрального Алтая, а площадь оледенения приводится для Алтая в целом. Кроме того, площадь в плане не

является мерой запасов льда. Учитывая, что программное обеспечение Voxler, по указанию автора, позволяет автоматически определять объём каменно-ледяного ядра, отсутствие хотя бы ориентировочной оценки объёма льда (в км³ водного эквивалента) с указанием погрешности оставляет практически наиболее востребованный вывод работы декларативным.

11. Редакционно-технические погрешности. В тексте встречаются описки и несогласованности: «риогенного потока» (с. 98); при описании участка «Аккол» исследуемый гляциогенный поток в тексте назван криогенным (с. 99); подписи к рисункам 5.7 и 5.9 полностью совпадают при различном содержании иллюстраций; фамилия В.В. Заморуева приводится в двух вариантах написания; в ссылках на зарубежных авторов допущены искажения (Jonson вместо Johnson, Giadrino вместо Giardino, «Тань-Шань»). В списке литературы имеются дублирующиеся позиции (№ 22 и 23 — одна и та же статья А.П. Горбунова 2006 г.; № 19 и 21 — издание А.П. Горбунова и С.Н. Титкова с разными годами при одинаковом объёме), у ряда позиций (№ 32–34, 56, 57, 79, 111) отсутствуют номера выпусков и страницы, а источник № 69 представляет собой ссылку на неспециализированный интернет-ресурс. Во введении формально не выделены разделы «Степень разработанности темы» и «Степень достоверности результатов», рекомендуемые к включению в диссертационные работы.

В порядке дискуссии хотелось бы получить ответы на следующие вопросы:

- 1) По каким критериям автор разграничивает гляциогенный поток и забронированный (перекрытый обломочным чехлом) ледник, учитывая, что эта проблема остаётся остро дискуссионной (Haeberli et al., 2024; Whalley, 2024)?
- 2) Какова, по оценке автора, полнота составленного каталога и как она зависит от разрешения использованных материалов съёмки?
- 3) Возможна ли на имеющемся материале количественная оценка запасов льда в каменных глетчерах Центрального Алтая и какова была бы её ожидаемая погрешность?
- 4) Как автор объясняет наличие активного каменного глетчера с фронтом на высоте 1278 м при нижней границе распространения многолетнемёрзлых пород, приведённой в главе 3?

Заключение

Высказанные замечания носят преимущественно рекомендательный и дискуссионный характер, касаются главным образом полноты статистического и метрологического обоснования отдельных выводов и редакционного оформления и не затрагивают существа полученных результатов, не снижая общей положительной оценки работы.

Диссертация Г.С. Дьяковой «Каменные глетчеры Центрального Алтая» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача — выявлены закономерности географии распространения, морфологии, внутреннего строения и генезиса каменных глетчеров Центрального Алтая, разработана региональная морфогенетическая классификация этих образований и создан наиболее полный для региона каталог, имеющие существенное значение для региональной геоморфологии и геокриологии.

Работа отличается научной новизной, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертации. Работа соответствует критериям, установленным пп. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской

Федерации от 24.09.2013 № 842, а её содержание соответствует паспорту специальности 1.6.14 – Геоморфология и палеогеография.

Считаю, что автор диссертации Дьякова Галина Сергеевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.14 – Геоморфология и палеогеография.

Официальный оппонент:

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник отдела гляциологии Института географии РАН - 119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29, стр. 4, +7(499)125-90-11, glazovsky@igras.ru

(учёная степень, учёное звание, должность, место работы — почтовый адрес, телефон, e-mail)

«_11_» августа__ 2026__ г.

А. Ф. Глазовский / Андрей Федорович Глазовский/

Подпись _____ заверяю:

Согласен на обработку персональных данных, связанную с работой диссертационного совета, и на размещение отзыва в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Подпись руки тов.
заверяю

Зав. канцелярией
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук

