

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата географических наук Постниковой Таисии Николаевны**  
**на тему: «Моделирование эволюции горного оледенения Северного**  
**Кавказа в XXI веке» по специальности**  
**1.6.8 – Гляциология и криология Земли**

Актуальность избранной темы обусловлена научным интересом к динамике ледников, покрытых мореной, а также к прогнозированию изменений ледников как важных водных ресурсов в связи с процессами глобального потепления и с новыми возможностями численного моделирования на региональном и глобальном уровне. Прогноз изменения ледников требуется для решения многих прикладных задач, таких как оценка будущих изменений стока, а также предсказание селевой опасности в связи с образованием новых прогляциальных озер по мере отступления ледников.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Диссертация Т.Н. Постниковой представляет собой многокомпонентное завершённое исследование, сочетающее теоретическую часть, описание и результаты численных экспериментов на предложенной модели эволюции ледников с эволюционирующим моренным покровом. Автор предлагает анализ и выводы из своего исследования, которые интересны и с теоретической, и с практической точки зрения.

Диссертант формулирует выводы по результатам исследований каждой главы. Таким образом, все анонсируемые в качестве результатов научные положения и выводы оказываются правомерно и убедительно обоснованными предшествующим изложением материала.

Цель работы состоит в оценке изменений параметров горного оледенения Северного Кавказа в течение 21-го века под воздействием климата (сценарии CMIP6) и роли, которую играет динамически

изменяющийся во времени моренный покров в эволюции ледников. Подходы, используемые в работе, основываются на имеющейся модели динамики горного оледенения GloGEMflow. Для оценки роли моренного покрова в эволюции ледников в работе представлен новый модуль эволюции морены, которая динамически изменяется вместе с ледником. При этом задачи моделирования представлены на региональном уровне.

Для достижения основной цели работы в ней решаются шесть задач, обозначенных во Введении.

В главе 1 (изложена на 6 стр.) представлена краткая физико-географическая характеристика Северного Кавказа, кратко описан объект исследования - ледники бассейнов рек Терек и Кубань и детальнее – оледенение Эльбруса. Обозначены основные факторы, которые могут обуславливать результаты моделирования.

Глава 2 (46 стр.) представляет собой обзор глобальных гляциологических моделей, в силу того, что одна из них (GloGEMflow) берется за основу в данном исследовании. В обзоре подробно разбираются общие принципы и неизбежные допущения, на которых строятся глобальные гляциологические модели, описываются и критически оцениваются методы и подходы к прогнозированию параметров оледенения, рассматриваются вопросы постановки прогностических экспериментов, методы калибровки и валидации моделей, а также наиболее значимые результаты их применения. Также во второй главе обозначаются нерешенные проблемы и обсуждаются источники неточностей при моделировании ледников на региональном и глобальном уровне. Эта глава представляет собой основу для исследований, результаты которых представлены в главах 5 и 6. Также для ряда проблем, связанных с доступностью исходных данных для моделирования, предлагаются решения в главах 3 и 4.

В главе 3 (8 стр.) описана электрофизическая модель «холодного ледника», которую можно использовать для подготовки радиоизмерений характеристик ледников в зоне аккумуляции. В главе 3 показано, что

недостаток данных является основным источником ошибки при валидации моделей. В этом контексте дистанционные методы определения свойств ледников (например, толщины) в труднодоступных областях являются релевантными. Расчеты носят теоретический характер, однако представляются полезными для планирования измерений с помощью радиоволн.

В главе 4 (3 стр.) описаны некоторые аспекты измерения толщины моренного покрова. Прямые измерения на Северном Кавказе имеются только на леднике Джанкуат, поэтому актуальны косвенные методы. Один из них описан в методологическом плане, однако прошел валидацию в основном на нунатаках Земли Королевы Мод.

В главе 5 (32 стр.) представлена новая версия модели эволюции ледника, покрытого моренным чехлом, включающая разделы с описанием архитектуры модели, в том числе специально разработанный модуль динамики моренного покрова. Такая модель учитывает накопление, вытаивание и динамический перенос моренного материала, а также отложение морены перед фронтом ледника. Описано взаимодействие масс-балансового и моренного блоков: в зависимости от смоделированных толщины и площади морены модифицируется баланс массы.

Глава 6 (48 стр.) посвящена обсуждению результатов, в части касающейся изменения моренного покрова ледников в XXI веке, роли моренного покрова в эволюции ледников, поверхностного баланса массы ледников в XXI веке. Рассматриваются варианты, когда эволюция морены либо учитывается, либо не учитывается. Охарактеризованы тенденции в динамике эволюции ледников Северного Кавказа, а также количественно обозначены принципиальные отличия при моделировании ледников для расчета скоростей (с эволюционирующей мореной и без), изменения толщины и прочих характеристик ледников. Также показаны различия в эволюции ледников, смоделированных с мореной и без, в первой и второй половине века. Представлен прогноз изменения толщины и площади

моренного покрова в будущем. Даны прогностические объемы мертвого льда, погребенного под мореной, для разных сценариев. Для ледников Эльбруса представлен более подробный прогноз, включающий в себя примерное время и место образования новых прогляциальных озер. В сочетании с модельным объемом мертвого льда приблизительно спрогнозировано образование селевых очагов в разных долинах.

Защищаемые положения сформулированы на основании глав 5 и 6. Содержание этих глав также отражено в статье Postnikova et al. «Debris cover effect on the evolution of Northern Caucasus glaciers in the 21st century», которая не включена в список публикаций по диссертации, но на момент написания данного отзыва будет опубликована в журнале *Frontiers in Earth Science* (<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2023.1256696/abstract>) в ближайшее время.

В Заключении (2 стр.) кратко и исчерпывающе подведены итоги всей работы.

**Новизна** полученных выводов заключается в следующем:

1. Впервые разработана математическая модель эволюции ледников, применимая на региональном уровне, в которой изменение толщины моренного покрова напрямую зависит от распределения скоростей вдоль ледника.
2. Впервые выполнены численные эксперименты по моделированию ледников Северного Кавказа с эволюционирующей мореной до 2100 года, а также впервые сделан прогноз объемов мертвого льда для каждого ледника и времени возможного образования прогляциальных озер (для Эльбруса).
3. Диссертант провел детальный анализ результатов и получил неочевидные выводы об эволюции моренного покрова на ледниках Северного Кавказа.

Оценивая диссертационное исследование в целом, можно заключить следующее:

- структура и содержание диссертации отвечают достижению цели исследования и способствует решению поставленных задач;

- представленная в работе доказательная база и примененный комплекс методов исследований **достоверны** в рамках неточностей, сопутствующих прогностическим расчетам, и достаточны для признания защищаемых научных положений и выводов диссертации обоснованными;

- изложенные в диссертации результаты модельных исследований оледенения Северного Кавказа, полученные научные положения и выводы обладают бесспорной новизной;

- работа имеет явную перспективу дальнейшего развития.

**По работе имеется ряд замечаний:**

- физико-географическая характеристика Северного Кавказа, описанная в первой главе, носит несколько поверхностный характер;

- данные толщины морены из публикации (Rounce et al., 2021), использованные для калибровки скорости поступления моренного материала на ледник, по заявлению самого автора могут быть заниженными;

- список литературы содержит несоизмеримо больше ссылок на иностранную литературу, чем на работы отечественных авторов.

Есть замечания оформительского характера:

- везде по тексту употребляется название ледника Джикаугенкез, но в новом Каталоге ледников (<https://www.glacru.ru/>) и в официальном Реестре географических названий КБР он имеет название Джикиуганкёз;

- с опечатками приведены названия ледников Битюктюбе (в тексте Битюгтюбе (Рис. 4а), стр. 21), Караугом (в тексте Караугольского ледника, стр. 110), ледник Бартуйцете (в тексте Бартуй, стр. 113);

- в тексте есть ссылка на статью (Докукин, Хаткутов, 2016), но в списке литературы её нет,

- ссылки на публикации в тексте приводятся в круглых скобках как фамилии и год, хотя нужно приводить только номера в квадратных скобках,

- в списке литературы для книг указание страниц даётся неправильно – буква «с» должна стоять после цифры, а в ссылке №33 на статью приведена начальная страница;

- в № 76 списка литературы ссылка на русскоязычное издание указана частично на английском языке. Dyurgerov M., Meier M. Glacier mass balance, climate and sea level change // Материалы гляциологических исследований. 2006. № 100. P. 24-37;

- в списке литературы для русскоязычных статей российских авторов приводятся переводные статьи (лучше привести оригиналы);

- в тексте во многих местах термин морена заменён на тилл, что неоправданно при отсутствии раздела терминов и определений (такой раздел желателен).

В тексте не охарактеризовано влияние активизации обвалов на формирование и эволюцию моренного покрова и динамику ледников, хотя в последние годы количество обвалов резко возросло, и в будущем этот фактор несомненно нужно учитывать. К тому же при характеристике моренного покрова ледника Джанкуат не приведены данные об обвалах, массы которых стали поверхностной мореной значительной мощности (01.07.2003 и ранее).

При характеристике угроз прорывов озёр отмечены только прогляциальные озёра. Можно было бы добавить вероятность формирования супрагляциальных и субгляциальных озёр с возможными прорывами по подлёдным каналам стока.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.8 – «Гляциология и криология Земли» (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп.

2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 8, 9 к Положению о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Постникова Таисия Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.8 – «Гляциология и криология Земли».

Официальный оппонент:

кандидат географических наук,  
ДОЛЖНОСТЬ структурное подразделение  
ведущий научный сотрудник отдела стихийных явлений  
ОРГ. ПРАВ. ФОРМА «Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Высокогорный геофизический институт»

Докукин Михаил Дмитриевич

 подпись

30.10.23 Дата подписания

Контактные данные:

тел.: 7(918)7261926, e-mail: [inrush@bk.ru](mailto:inrush@bk.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация: 1.6.14. Геоморфология и палеогеография

Адрес места работы:

360030, (КБР) г. Нальчик, ул. Ленина, д. 2,  
ОРГАНИЗАЦИЯ, структурное подразделение  
ФГБУ «ВГИ», отдел стихийных явлений  
Тел.: (8662) 40-13-16; e-mail: [vgikbr@yandex.ru](mailto:vgikbr@yandex.ru)

Подпись сотрудника ФГБУ «ВГИ» Михаила Дмитриевича Докукина удостоверяю:

Начальник КПО ФГБУ «ВГИ»

дата

30.10.2023



З.Б. Уянаева