

ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук
Строма Александра Леонидовича
на тему: «Каменные лавины Центральной Азии: особенности строения,
закономерности формирования и катастрофические последствия»
по специальности 1.6.7 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и
грунтоведение»

Диссертационная работа А.Л. Строма направлена на решение трех важнейших взаимосвязанных проблем инженерной геодинамики: 1) Проведение корректной и обоснованной оценки долговременной оползневой опасности в Центральной Азии; 2) Анализ взаимосвязей между крупномасштабными обрушениями горных склонов и сейсмичностью; 3) Поиск путей минимизации катастрофических последствий как собственно от каменных лавин, так и от катастрофических водных потоков, образующихся при прорыве завальных озерных плотин.

Актуальность работы определяется тем, что при катастрофических обрушениях высоких склонов, сложенных скальными грунтами, в движение мгновенно приходят миллионы и миллиарды кубометров горных пород, уничтожая все на своем пути. Такие эффекты представляют собой одно из наиболее опасных природных явлений в горных районах и усугубляют последствия сильных и катастрофических землетрясений. То же самое можно сказать и о катастрофических прорывах крупных завально-подпрудных озер, когда вниз по долинам рек устремляются миллионы кубических километров воды, образуя высокоскоростные потоки глубиной до сотен метров. Поэтому прогноз долгосрочной оползневой опасности, устойчивости завальных плотин, оценки площадей поражения крупными каменными лавинами, оползнями и паводками, а также минимизация последствий их воздействия на инфраструктурные объекты весьма актуальны.

Теперь о структуре и содержании работы. Диссертация объемом 341 страница состоит из Введения, 8 глав и Заключения. Она включает 271 рисунок и 17 таблиц. Список использованной литературы содержит 658 наименований.

Введение включает перечень требуемых для диссертаций ключевых разделов: актуальность темы и степень ее разработанности, объект и предмет исследования, цель исследований и задачи, решавшиеся в ходе их выполнения, методы исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, основные защищаемые положения, степень достоверности и апробация результатов, публикации и личный вклад автора, структура и объем диссертации, благодарности.

Глава 1 содержит исчерпывающий обзор проведенных к настоящему времени исследований по изучению крупных оползней в скальных массивах и каменных лавин в Центральной Азии и других горных регионах мира. Показано, что большинство из них имеет сейсмогенный триггер. Обозначены основные сложившиеся направления в изучении каменных лавин. Рассмотрены современные и исторические примеры катастрофических прорывов завально-подпрудных озер, возникших при мгновенной деструкции их плотин. Выскажу два взаимосвязанных замечания к содержанию главы. Во-первых, основные объекты исследований – каменные лавины, особенно в пределах Центральной Азии, часто не разграничены с крупными скальными оползнями. Во-вторых, при перечислении крупных скальных оползней были упомянуты крупные оползни, возникшие при Алтайском (Чуйском) землетрясении 2003 г. в Горном Алтае. Отмечу, что при этом землетрясении возник только один крупный оползень. Но он нарушил относительно слабо литифицированные гляциальные и флювиогляциальные четвертичные отложения, часть из которых можно отнести к мерзлым грунтам.

В главе 2 дан краткий обзор основных факторов, влияющих на развитие крупных оползней и каменных лавин в скальных грунтах

Центральной Азии: современного рельефа, геологического строения и тектоники, неотектоники, инструментальной, исторической и палеосейсмичности, климатических и гидрологических особенностей. В качестве замечаний следует указать, что в осадочном выполнении крупных впадин территории, например, Илийской, участвуют не только кайнозойские, но и более древние мезозойские и верхнепалеозойские терригенные отложения. С точки зрения оппонента вряд ли корректно рассматривать неотектоническую структуру региона как сочетание антиклиналей и синклиналей. Деформации жесткой земной коры на неотектоническом этапе приводили скорее к блоковым деформациям с развитием ограничивающих блоки разломов различной кинематики. Наконец, в палеосейсмологический обзор по Северному Тянь-Шаню не попал целый перечень работ, многие из которых были выполнены при участии оппонента и включали в себя палеосейсмологический тренинг (Корженков и др., 2015, 2016, 2018, 2019; Деев, Корженков, 2016; Деев и др., 2016; Gladkov et al., 2016; Korzhenkov, Deev, 2017; Deev et al., 2018; Mackenzie et al., 2018).

В главе 3 рассмотрены диагностирующие особенности морфологии и фациальной архитектуры каменных лавин, критически рассмотрены механизмы и модели их формирования. Показано, что, несмотря на существенные различия в размерах и морфологии, каменные лавины характеризуется двумя основными особенностями, позволяющими уверенно выделять их среди четвертичных образований иного генезиса: (1) сохранение “стратиграфической” породной последовательности разрушаемого склона в теле лавины; (2) двух- или трехчленная внутренняя фациальная последовательность, с обязательным присутствием крупноглыбовой внешней зоны (панцирная фация) и интенсивно раздробленной внутренней фации; в ряде случаев присутствует базальная фация, сформированная интенсивно раздробленным и истертым материалом, развитым вдоль поверхности скольжения. Такие выводы подкреплены гранулометрическим анализом отложений внутренней и базальной фации. Первая особенность каменных

лави́н позволила диссертанту выдвинуть предположение, что основным механизмом формирования лавин, обеспечивающим их высокую подвижность, является высокоскоростное "ламинарное" течение сухих обломочных потоков. Проведенные лабораторные эксперименты показали, что наблюдаемое сочетание интенсивного дробления обломочного материала с сохранением исходной макроструктуры массива реализуется при одновременном воздействии циклических деформаций сжатия-снятия нагрузки и сдвига. Отдельный подраздел главы посвящен механизмам формирования молардов, которые являются специфическими формами микрорельефа поверхностей каменных лавин. В качестве пожелания хотелось бы предложить соискателю включить в фациальный набор каменных лавин фацию отторженцев подстилающих отложений, которая, судя по приведенным в главе примерам, не так уж редко встречается в разрезах этих тел. Результаты исследований, приведенные в главе 3, позволили обоснованно сформулировать **первое защищаемое положение**.

Первая часть **главы 4** – логическое продолжение предыдущего раздела диссертации. В ней рассмотрены дополнительные признаки, позволяющие отличать каменные лавины от гранулометрически и морфологически схожих отложений ледников, каменных глетчеров, аномально больших селевых конусов выноса. Во второй части главы рассмотрены принципы составления базы данных оползней в скальных массивах и каменных лавин Центральной Азии, объем которых обычно составляет не менее одного миллиона кубических метров. Описаны параметры, включенные в базу данных, способы и точность их измерения. Это позволяет, с одной стороны, оценивать однородность представленных данных, с другой стороны, сравнивать авторскую базу данных с аналогичными базами данных для других регионов мира. Кроме того, отдельный блок базы данных характеризует параметры существующих или прорванных завальных плотин, а также подпруженных ими озер. Созданная база данных дает исходную информацию для корректной и обоснованной оценки долговременной

оползневой опасности в Центральной Азии, а также для изучения связей между крупномасштабными обрушениями горных склонов и сейсмичностью. Данные, приведенные в главе позволили обосновать **второе защищаемое положение**. К представленной базе данных остается все тот же вопрос, озвученный при анализе содержания первой главы. Насколько “жестко” разграничены между собой собственно оползни и каменные лавины, а также оползни, которые при анализе внутренней структуры могут быть впоследствии отнесены к лавинам?

В главе 5 обсуждаются терминология, касающаяся объектов исследования, вопросы типизации и классификации каменных лавин. Диссертантом предложена многоуровневая морфологическая классификация каменных лавин. Первый уровень классификации учитывает механизм первоначального обрушения скального массива и его последующую трансформацию в течение обломочной массы. Далее каменные лавины подразделяются на типы и подтипы с учетом наличия или отсутствия ограничений на пути их движения, распределения материала по направлению движения и траектории его движения. Обособленные типы и подтипы лавин различаются по степени опасности для объектов и субъектов риска. В качестве замечаний к главе можно высказать следующие. Первое, терминологический аспект, касающийся объектов исследования настоящей работы, следовало бы поместить в самое начало главы 1, что сразу сняло бы ряд вопросов, возникших при рассмотрении предыдущих глав. Второе, предлагаемая классификация является сугубо рабочей и предварительной, т.к. в зависимости от решаемых задач, приоритет может отдаваться тому или иному “морфологическому критерию”, из-за чего одна и та же каменная лавина может попадать в разные ячейки на одном уровне классификации. Справедливости ради отметим, что это четко понимает и сам соискатель. Содержание главы 5 позволило качественно обосновать и сформулировать **третье и четвертое защищаемые положения**.

Глава 6 посвящена анализу количественных соотношений между параметрами, характеризующими оползни и каменные лавины. Показано, что наилучшей характеристикой подвижности лавин является отношение либо общей площади, либо площади отложений к произведению объема на максимальную высоту смещения. Установленные регрессионные зависимости для соотношений между площадью поражения и длиной пробега неограниченных, канализированных и ограниченных с фронта каменных лавин к произведению их объема на высоту цирка или обрушивающегося склона позволяют прогнозировать размеры области поражения будущих каменных лавин. Полученные закономерности позволили обоснованно сформулировать **пятое защищаемое положение**. Следующее пожелание относится к первому разделу главы, где анализировалось распределение оползней, включенных в авторскую базу данных, по частоте встречаемости в зависимости от их величины. Показано, что на такое распределение сильно влияют расчлененность рельефа и глубина эрозионного вреза. На взгляд оппонента, существует еще один важный параметр, подлежащий учету, – экспозиция склонов.

Содержание **главы 7** содержит теоретическую и фактологическую доказательную базу **шестого защищаемого положения**. Критический анализ традиционных признаков соотнесения оползней и каменных лавин, таких как крупные размеры оползня, большая длина пробега каменной лавины, зарождение оползня в верхней части склона, на конкретных примерах показал, что они присущи как сейсмогенным, так и несейсмогенным образованиям. Поэтому сделан логичный вывод, что для обоснования сейсмического генезиса этих объектов необходим комплексный анализ всей совокупности доступных геолого-геоморфологических данных. По мнению оппонента, “железным” доказательством сейсмогенности крупных голоценовых оползней и каменных лавин является только их возрастное соответствие с датированными поверхностными разрывами палеоземлетрясений. К сожалению, поверхностные разрывы более древнего

возраста практически не идентифицируются в рельефе по причине их деструкции эрозионными процессами.

В последней, **8 главе**, обсуждаются катастрофические последствия образования каменных лавин и прорыва образованных ими подпрудных озер, возможные способы снижения тяжести таких последствий. Соискатель приходит к выводу, что величина силы воздействия каменных лавин на здания и сооружения не позволяет защитить их от разрушения или повреждения. Поэтому единственным способом снизить риски, связанные с образованием каменных лавин – заблаговременно выявлять места их возможного возникновения с учетом созданной базы данных, определять возможные объемы и высоту обрушения, оценивать размеры и форму области поражения на основе предложенной классификации и эмпирических уравнений регрессии. При выявлении потенциально неустойчивых массивов на бортах речных долин, обрушение которых приведет к формированию крупных завально-подпрудных озер, необходимо оценивать возможную высоту плотины, а при необходимости следует заблаговременно сооружать обводной водосброс для предотвращения прорыва.

В **Заключении** кратко рассмотрены пока еще не решенные проблемы и сформулированы основные направления дальнейших исследований по изучению крупномасштабных оползней в скальных массивах и каменных лавин в Центральной Азии и в других горных районах мира.

Отмечу, что **защищаемые научные положения, выводы и рекомендации хорошо обоснованы** и подкреплены убедительными фактическими и теоретическими данными, наглядно представленными в многочисленном графическом материале.

Налицо **новизна полученных результатов**. Она касается, прежде всего, наполнения представленной базы данных и ее структуры, разработанной комплексной классификации каменных лавин, установленных закономерностей морфологии и внутреннего строения каменных лавин, механизмов их движения, полученных регрессионных соотношений между

различными параметрами, характеризующими условия первоначального обрушения массивов скальных грунтов и перемещения каменных лавин.

Высокая степень достоверности научных результатов обеспечена применением современных взаимодополняющих методов полевых сейсмогеологических и седиментологических исследований, анализа данных дистанционного зондирования Земли, лабораторных гранулометрических и микроагрегатных исследований, экспериментального моделирования процессов дробления горных пород, использованием приемов статистического анализа.

Достоверность работы также подтверждается публикацией ее основных результатов в монографии и 21 статье в рецензируемых отечественных и международных журналах, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ. Основные научные результаты обсуждены на многочисленных всероссийских и международных конференциях. Они прошли прикладную апробацию при оценке оползневой и сейсмической опасности районов строительства многочисленных гидроэлектростанций в Таджикистане, Киргизии, Казахстане, Узбекистане, Северной Осетии и Индии.

Вышеуказанные 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 1.6.7 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» (по геолого-минералогическим 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 № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Стром Александр Леонидович заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по

специальности 1.6.7 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, доцент
ведущий научный сотрудник лаборатории «Геодинамики и
палеомагнетизма»

Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука
Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН)
«Федеральное государственное бюджетное учреждение науки»

ДЕЕВ Евгений Викторович

28.04.2022

тел.: : DeevEV@ipgg.sbras.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика»

Адрес места работы:

630090, г. Новосибирск, ул. проспект Академика Коптюга, д. 3,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского
отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), Лаборатория
геодинамики и палеомагнетизма

Тел.: 8(383)3304501; e-mail: DeevEV@ipgg.sbras.ru

Подпись сотрудника

ИНГГ СО РАН Е.В. Деева удостоверяю:

Заведующая канцелярией

— Е.Н. Кондырина

28.04.2022