

ОТЗЫВ
официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук Кан Кая
на тему: «Оценка оползневой опасности территорий с высокой сейсмично-
стью (на примере Краснополянской тектонической зоны (Большой Сочи) и
эпицентральной зоны Вэньчуаньского землетрясения (Китай))»
по специальности 25.00.08 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грун-
товедение»

Диссертация Кана Кая посвящена развитию методов количественной оценки устойчивости оползнеопасных склонов в условиях сейсмического воздействия и совершенствованию подходов к математическому моделированию склоновых смещений. Представленная диссертационная работа объемом 167 стр. состоит из 5 глав, Введения, Заключение и обширного списка литературы, включающего 171 работу на китайском, английском и русском языках. Диссертация хорошо иллюстрирована, написана, в целом, хорошим русским языком.

В основу диссертационной работы, помимо анализа многочисленных литературных данных, сведений о геологии, сейсмичности и физико-механических свойствах грунтов, положены также результаты полевых работ на территории Краснополянской тектонической зоны в пределах Большого Сочи и в эпицентральной зоне Вэньчуаньского землетрясения 12 мая 2008 года, в которых соискатель принимал непосредственное участие.

Тема рассматриваемой диссертационной работы весьма актуальна, так как она нацелена на повышение надежности и достоверности определения устойчивости склонов в областях с высокой сейсмичностью, что имеет большое научное и прикладное значение, особенно в горных и предгорных регионах, к которым относится территория Большого Сочи. Важность этой проблемы была трагически продемонстрирована при Вэньчуаньском землетрясении, когда значительное число жертв и большая доля материального ущерба была вызвана именно обрушением склонов.

Во Введении сформулированы основные защищаемые положения, наиболее значимыми из которых, на мой взгляд, являются второе и третье. Первое защищаемое положение о сходности тектонической позиции Краснополян-

ской тектонической зоны и эпицентральной зоны Вэньчуаньского землетрясения, что предопределяет близость инженерно-геологических условий, определяющих развитие и активность оползневых процессов, и о влиянии геологических формаций, участвующих в строении регионов, на тип и масштабность оползневых процессов, основано, преимущественно, на анализе литературных данных.

Второе защищаемое положение о необходимости проведения динамического анализа устойчивости склонов при количественной оценке оползневой опасности в условиях сейсмического воздействия имеет большое практическое значение, поскольку динамический анализ позволяет учесть не только ускорения, но и другие параметры сейсмического воздействия, такие как длительность и спектральный состав колебаний, которые, наряду с величиной ускорений, во многом определяют реакцию склонов на землетрясение.

Не вызывает сомнений правомочность и третьего защищаемого положения о важности вероятностного подхода к оценке устойчивости склонов и анализа чувствительности этой оценки к изменению тех или иных расчетных параметров. Такой анализ позволяет сосредоточить изыскания на определении именно тех параметров, точное знание которых в наибольшей степени влияет на конечный результат расчетов устойчивости.

В первой главе диссертации автор анализирует современные представления о склоновых процессах в высокосейсмичных районах. Раздел 1.1. посвящен анализу различных классификационных систем склоновых процессов. Отмечу, что рассматриваются исключительно работы по классификации склоновых процессов на русском языке – от А.П. Павлова до В.С. Федоренко. При этом не упоминаются широко используемые зарубежные и международные классификации, такие, как Варнеса (Varnes, 1954, 1978), Крюдена и Варнеса (Cruden and Varnes, 1996) и, наконец, последней из опубликованных, представляющей собой детализацию Варнесовской классификационной схемы (Hungr, Leroueil, and Picarelli, 2014). Речь здесь идет не о том, какие классификации «лучше» или «правильнее». У всех есть свои плюсы и минусы. Но без анализа зарубежных работ невозможно понять, в чем преимущества или недостатки отечественных классификационных систем по сравнению с зарубежными.

Второй раздел этой главы посвящен обобщению литературных данных об известных сейсмогенных оползнях и закономерностях их проявления. В основном здесь анализируются широко известные работы Д. Кифера. К сожалению, в представленных таблицах есть некоторые ошибки и неточности (возможно, это связано с переводом их с английского). Было бы полезно пояснить, почему для некоторых землетрясений, таких как Чи-Чи, 1999 г. на Тайване и Вэньчуанского 2008 г., приведены несколько разных значений. Утверждение, что с ростом магнитуды землетрясений растет число спровоцированных ими оползней, в целом, верное, но здесь следовало бы сделать оговорку, что это справедливо лишь в сходных геолого-геоморфологических и климатических условиях. К примеру, Гоби-Алтайское землетрясение 1957 г., магнитуда которого, как минимум, не уступала таковой у Вэньчуанского, вызвало несопоставимо меньшее число оползней. Их число, кстати, существенно уступает количеству оползней и при намного меньших землетрясениях, таких как Нортриджское или Лома-Приета. Необходимо отметить, что при таком сопоставлении важнейшую роль играет и изученность последствий землетрясений, которая была максимальной у таких событий, как землетрясения в Нортридже, Чи-Чи и Вэньчуанского.

В таблице 1.6 следует разъяснить, в чем различие, если говорить о характере движения, между обвалами и блоковыми оползнями, хотя очевидно, что это разные типы оползневых процессов.

Вторая глава работы посвящена анализу представлений о методах расчета устойчивости склонов, учитывающих сейсмические воздействия. Автор подробно рассматривает различные методы расчета устойчивости склонов как в «обычных» условиях, так и с учетом сейсмических воздействий. Видно, что Кай Кан хорошо владеет этим вопросом и тщательно проработал литературу, посвященную различным расчетным методам. Небольшое замечание касается использования термина «интенсивность» при описании динамического анализа устойчивости склонов (с. 54, также на с. 126). В данном случае речь идет о физическом параметре – величине ускорений. Интенсивность же характеризует тяжесть последствий землетрясения и оценивается в баллах макросейсмической шкалы. При этом она зависит от

всей совокупности физических параметров сейсмического воздействия – амплитуды, продолжительности и спектрального состава колебаний.

В последнем разделе этой главы Кай Кан рассматривает и сопоставляет требования по учету сейсмических воздействий, содержащиеся в нормативных документах России, Китая и Европейского Союза, которые, как он совершенно справедливо отмечает, существенно различаются.

Эта глава представляет собой, если можно так выразиться, теоретическую основу диссертационной работы, так как в 4 и 5 главах, где рассматриваются конкретные оползневые участки, автор опирается на результаты анализа расчетных методов, выполненного в главе 2.

В третьей главе диссертационной работы Кай Кан проводит сравнительный анализ инженерно-геологических условий Краснополянской тектонической зоны и эпицентральной зоны Вэньчуанского землетрясений 2008 г. Автор сопоставляет климатические, гидрологические, геоморфологические, геологические, тектонические и неотектонические условия обоих рассматриваемых территорий. Отдельно рассматриваются и сравниваются активные разломы в этих районах и сейсмичность, а также проявления склоновых процессов. Автор отмечает существенное сходство анализируемых территорий, что позволяет ему использовать закономерности, установленные при изучении оползневых явлений в очень хорошо изученной в этом отношении зоне Вэньчуанского землетрясения, при исследовании особенностей развития оползневых процессов и явлений в районе Большого Сочи.

Как мне кажется, в этой главе было бы целесообразно дополнительно подчеркнуть, что очень высокий сейсмический потенциал горной системы Лунмешань в целом, и ряда активных разломов, выявленных в ее пределах, подтверждается рядом крупных исторических землетрясений, наиболее значительным из которых и было Вэньчуанское землетрясение 2008 года с магнитудой 8.0. При этом в районе Большого Сочи столь сильные исторические землетрясения не известны. Наиболее крупным здесь было Чхалтинское землетрясение 1963 г. с магнитудой 6.4, произошедшее на территории Абхазии, прилегающей к региону Большого Сочи с востока. Еще более крупное Рачинское землетрясение 1991 г. с магнитудой около 7.0 произошло также на южном склоне Большого Кавказа, но уже суще-

ственно восточнее. Поэтому высокая сейсмичность этой территории, отображенная на нормативны картах ОСР, определена на основании анализа геолого-геоморфологических и палеосейсмологических данных, а также сейсмологических данных по обширному региону Западного Кавказа, но не является столь же однозначно установленной и подтвержденной реальными сейсмическими событиями, как в горной системе Лунменшань.

Не вполне понятно выделение в бассейнах рек Белой и Мзымта сейсмогенерирующих структур шириной до 15-25 км. Если источником землетрясений являются конкретные разломы, то их ширина существенно меньше, а на удалении в 10-20 км интенсивность сотрясений может уменьшиться, по сравнению с таковой непосредственно вдоль сейсмогенерирующего разлома, что и было зафиксировано при Вэньчуанском землетрясении 2008 г. Замечу также, что оценивать магнитуды палеоземлетрясений только по величине одноактной подвижки (с. 74) не вполне корректно. Необходимо учитывать и протяженность нарушений, вскрывшихся при исследуемом землетрясении. Впрочем, эти замечания относятся, скорее, не непосредственно к диссертационной работе, а к работам по уточнению сейсмической опасности Большого Сочи, на которые ссылается автор.

Не очень понятно, почему оползни на карнизах в сланцах и песчаниках верхней толщи среднего лейаса (с. 76) классифицируются автором, как «оползни-обвалы». Этот термин (на мой взгляд, вообще неудачный) используется для описания катастрофических каменных лавин очень большого объема. Судя по описанию на с. 76, рассматриваемые оползни не вполне соответствуют такому типу.

Не могу также согласиться с утверждением на стр. 87, что Вэньчуанское землетрясение привело к столь катастрофическим последствиям именно из-за низкой оценки ожидаемой интенсивности (7 баллов), которая предполагалась здесь согласно нормативным документам КНР, действовавшим до землетрясения. Это справедливо в части, касающейся поведения зданий и сооружений при сотрясениях, намного превосходивших расчетные. Но значительная доля ущерба при этом землетрясении обусловлена именно обрушением естественных склонов. Это произошло бы вне зависимости от правильности или неправильности нормативных оценок сейсмической опасности. Избежать таких потерь можно только путем пере-

селения людей и переноса объектов из узких горных долин с крутыми высокими склонами в геоморфологически более благоприятные условия, что в условиях Китая, по-видимому невозможно.

Четвертая глава работы посвящена количественной оценке оползневой опасности для объектов Краснополянской тектонической зоны (Большой Сочи). На примере различных конкретных объектов автор рассматривает применение вероятностного анализа, анализа чувствительности и динамического анализа при количественной оценке устойчивости склонов. На этих примерах убедительно продемонстрированы преимущества предлагаемых подходов по сравнению с традиционными – детерминированным и псевдостатическим методами расчета. Учет чувствительности результатов расчетов к изменению тех или иных параметров крайне важен также при планировании инженерных изысканий.

В качестве замечаний отмечу некоторые противоречия в ссылках на Еврокод 8 и СП 14.13330.2014 на стр. 103. В тексте указано, что в расчет закладываются величины горизонтального и вертикального ускорения для 8-балльного землетрясения в соответствие с Еврокодом, а в нижеприведенной таблице даны значения ускорений для различной балльности в долях g по СП. Должен заметить, что автор во многих местах пишет то о коэффициенте сейсмичности, то об ускорении в долях g , что иногда вызывает некоторую путаницу.

Рисунки 4.9 и 4.10 было бы лучше привести с использованием одинакового диапазона $K_{уст}$. Тогда изменение вероятности того или иного значения $K_{уст}$ при учете сейсмического воздействия смотрелось бы намного нагляднее.

Последняя, **пятая глава** диссертации посвящена ретроспективной количественной оценке оползневой опасности на участке развития сейсмогенного оползня-обвала Шуйцзинянь, произошедшего при Вэньчуаньском землетрясении 2008 года. Автор подробно рассмотрел строение этого участка и убедительно показал, что именно наличие зоны разлома с пониженными прочностными характеристиками в средней части склона привело к его обрушению.

Мне представляется не вполне обоснованной аргументация автора, приведенная на стр. 149, что при использовании минимального значения динамического коэффициента устойчивости «... для обеспечения устойчивости склона потребуются

более значительные экономические затраты». Это справедливо при изучении мелких и средних оползней. В тех же случаях, когда речь идет о катастрофических сейсмогенных обрушениях объемом в миллионы кубометров, обеспечить устойчивость просто технически не всегда возможно. К тому же не надо забывать, что в данном случае речь идет о ретроспективном анализе. Оползень уже произошел. При оценке же оползневой опасности при неизбежных будущих землетрясениях, как мне представляется, на первый план входит задача заблаговременного выявления тех участков склонов, где подобное обрушение в принципе возможно, что, впрочем, выходит за рамки рассматриваемой работы.

В коротком **Заключении** автор сформулировал основные результаты выполненных им исследований. Отметил сходство инженерно-геологических условий эпицентральной зоны Вэньчуанского землетрясения и Краснополянской тектонической зоны, что позволяет учитывать закономерности, выявленные при изучении последствий этого землетрясения при оценке оползневой опасности в районе Большого Сочи; подчеркнул эффективность применения вероятностных подходов к оценке устойчивости склонов в сочетании с анализом чувствительности результатов расчетов к изменению тех или иных исходных параметров; указал на эффективность применения динамического анализа при изучении оползневой опасности.

Несмотря на сделанные в отзыве замечания, в целом работа Кая Кана оставляет хорошее впечатление. Автор показал прекрасное знание материала, особенно по различным методам расчета устойчивости склонов. Замечания не являются критичными и не умаляют значимости рассматриваемой диссертационной работы.

Диссертация полностью отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.08 – «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 Кай Кан, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» и я хочу пожелать ему дальнейших успехов в изучении оползней и других опасных природных процессов.

Официальный оппонент:

кандидат геолого-минералогических наук,
главный специалист ООО «Центр Геодинамических Исследований»,
СТРОМ Александр Леонидович

25.04.2019

Контактные данные:

e-mail: s

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 04.00.04 - Геотектоника

Адрес места работы:

Общество с ограниченной ответственностью «Центр Геодинамических Исследований» (ООО ЦГИ).

125008, г. Москва, 3-й Новомихалковский пр., д. 9

e-mail: info@geo-dinamica.ru; Тел: +7 (495) 640 24 61.

Подпись сотрудника ООО «ЦГИ» Строма Александра Леонидовича
удостоверяю:

Генеральный директор ООО «ЦГИ»

И.В. Уткин

25.04.2019