

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук
Зеркаля Олега Владимировича
на тему: «Природа оползневых процессов и закономерности их развития»
по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и
грунтоведение**

Диссертация О.В. Зеркаля посвящена весьма важной и крупной научной проблеме – установлению закономерностей развития оползневых процессов, пониманию их динамики во времени и в пространстве.

Работа состоит из двух томов. Том 1 (собственно диссертация) объемом 315 страниц в свою очередь подразделен на две части, состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы из 932 (!) наименований. Текст содержит 17 таблиц и 94 рисунка. Том 2 (Приложения) имеет общий объем 86 страниц и состоит из 3 приложений.

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулирована цель, задачи и научная новизна исследований, описан используемый фактический материал, показаны теоретическая, методическая и практическая значимость полученных результатов, сформулированы пять положений, выносимые на защиту, показан личный вклад автора и апробация работы.

Оползневые процессы являются одними из наиболее катастрофических геологических процессов, представляют собой разномасштабные, сложные явления, которые развиваются как в природных условиях, так и при техногенном воздействии на геологическую среду. Изучение оползневых явлений имеет важнейшее значение для обеспечения безопасности людей, устойчивого развития территорий, подверженных активному воздействию оползневых процессов, и является одной из актуальных проблем инженерной геодинамики. Таким образом, **актуальность** данного исследования весьма значительна, хорошо **обоснована** и не вызывает сомнений.

Цель (развитие теоретических основ изучения оползневых процессов, выявлении локальных и региональных закономерностей формирования и

распространения оползней) и задачи работы соответствуют современному направлению и уровню инженерно-геологических исследований. Формулировка цели и задач дает возможность понять логику исследования.

Методика работы, а также используемые **данные и материалы** соответствуют поставленным целям и задачам и отвечают современным подходам в инженерной геологии и инженерной геодинамике. Важно отметить, что в работе применяется целый комплекс разнообразных современных методов исследования, проводился анализ и сопоставления теоретических, полевых и экспериментальных данных. В работе широко использованы как литературные источники, и информация из открытых баз данных, собранные и скомпилированные автором.

Часть I посвящена теоретическим аспектам изучения оползневых процессов. В **главе 1** описаны развитие и современные представления об оползневых процессах и других склоновых процессах, подходы к их изучению, исследованию закономерностей формирования и распространения.

Глава 2 направлена на особенности оползневых и других гравитационных склоновых процессов, их проявлений как объектов изучения. Приводятся методологические аспекты проводимого исследования, представлено развитие взглядов на трактовку терминов "оползневой процесс" и "оползень" и принимаемые автором определения этих ключевых для работы терминов. Отмечена важность учета характера начальной стадии развития оползневых деформаций и особенностей формирования оползневых тел.

Глава 3 посвящена рассмотрению оползней как природных и природно-техногенных явлений. Показана сложность, полисемантичность явления и понятия оползня. Приводятся различные концептуальные подходы и направления рассмотрения оползней ("геологическое тело", "геологический процесс", «форма рельефа», "элемент массива грунтов", "ландшафт"). Показана роль геологической истории в развитии современных оползневых процессов, и отмечается важность и особенности подхода к изучению оползней как геологических явлений, которые представляют собой результат естественно-исторического процесса. Выделены этапы развития оползневого процесса. Предложено в качестве отдельного типа

("палимпсест") выделять участки разновременного повторного формирования оползневых процессов.

Изложенный в части I материал позволяет сформулировать **первое и второе** защищаемые положения, которые представляются в достаточной степени **обоснованным и доказанным**.

Часть II посвящена описанию локальных и региональных закономерностей развития оползневых процессов.

В **главе 4** обобщаются глобальные закономерности развития оползневых процессов. Рассматриваются современные крупнейшие проявления оползневых процессов и закономерности их распространения в мире и на территории Российской Федерации. Показано, что формирование более 89% крупнейших ($>0,8$ км³) оползней обусловлено воздействием эндогенных факторов, являвшихся триггером развития склоновых деформаций. Предлагается и обосновывается логарифмическая зависимость количества оползней от их объема, с учетом условий и геологического времени их образования (общемировая и для территории РФ).

Материал четвертой главы лег в основу **третьего** защищаемого положения, которое, хотя и не бесспорно (см. замечания ниже), но является в достаточной степени **обоснованным и доказанным**.

Глава 5 посвящена выявлению региональных закономерностей развития современных оползневых процессов. Рассмотрено влияние эндогенных геологических процессов на развитие крупнейших проявлений оползневых процессов на Земном шаре, а также роль метеоклиматических воздействий в массовых активизациях оползневых процессов. Показано, что зоны массового развития оползней приурочены к областям с активным проявлением эндогенных геологических процессов: границам плит и тектонических блоков, подвижным поясам («диффузным границам»), горячим точкам и т.п. Раскрыто влияние метеоклиматических воздействий является существенным фактором. Отмечено, что совместное действие сейсмичности как эндогенных фактора оползнеобразования и метеоклиматических воздействий может приводить к

кумулятивному эффекту, в результате которого количество оползней многократно увеличивается.

Проведенное обобщение позволяет сформулировать **четвертое** защищаемое положение, которое представляется хорошо **обоснованным и доказанным**.

В **главе 6** рассматриваются общие закономерности распространения и развития оползневых и других гравитационных склоновых процессов на территории Российской Федерации: региональные и зональные геологические закономерности, а также антропогенно обусловленные. Показано, что пространственное распределение проявлений оползневых процессов на территории РФ контролируется региональными геологическими факторами оползнеобразования ("факторами среды" и медленно изменяющимися факторами). Области массового развития оползней, как и для всей Земли, характеризуются подвижным поясам ("диффузным границам плит"). В то же время в пределах внутриплитных областей интенсивность развития оползней определяется геоморфологическими условиями (медленно изменяющийся фактор). Показано, что существенное влияние на особенности современного развития оползневых процессов и их интенсивность оказывают тип и режим современной увлажненности, а также теплообеспеченности территории, которые носят зонально-секторный характер и могут рассматриваться в качестве быстро изменяющихся факторов оползнеобразования.

На основании анализа, проведенного в данной главе, формулируется **пятое** защищаемое положение, которое хорошо **обосновано и доказано**.

В конце каждой главы приводятся выводы по соответствующему разделу, что способствует формулированию основных результатов работы.

В **заключении** четко и ясно формулируются основные результаты диссертации, а также определяются основные направления дальнейшей работы.

Диссертация характеризуется значительной новизной, которая определяется тем, что предложено выделить участки разновременного повторного развития оползневых процессов (участков типа "палимпсест", предложены новые (логарифмические) виды количественных зависимостей встречаемости оползней от

их объема, показано, что области массового развития оползней характеризуются приуроченностью к подвижным поясам, в то время как в пределах внутрислитных областей интенсивность развития оползней определяется особенностями современного рельефа и историей его формирования, выявлен кумулятивный эффект, возникающий при совместном активном влиянии региональных (медленно изменяющихся) и зональных (быстро изменяющихся) геологических факторов.

Полученные в работе результаты имеют несомненное теоретическое и практическое значение, т.к. они расширяют теоретическую базу учения о закономерностях развития и распространения оползневых и других склоновых процессов, позволяют решать теоретические, научные и практические задачи по анализу, оценке и прогнозированию оползневых и других геологических склоновых процессов и на территориях интенсивного освоения (с учетом характера техногенного воздействия), а также внедряются в практику учебного процесса.

В целом все результаты, выводы, полученные в работе, а также положения, выносимые на защиту, являются достаточно хорошо обоснованными и достоверными.

Однако к работе есть ряд замечаний.

В работе широко используется термин «активность оползней». Не вполне ясно – это понятие или мера? В работе используются количественные меры: пораженность оползнями P_L , и магнитуа интенсивности M_L , они характеризуют активность, или еще что-то? Что такое активный оползень? Интуитивно понятно, но возможно нужны более строгие определения.

Как отмечено выше, новизна в работе, несомненно, присутствует, но представляется, что не все формулировки в соответствующем разделе воспринимаются как новые.

Глава 3 в основном методическая, довольно сложно структурирована и довольно сложно читается. В главе ожидаешь классификации оползней. Классификации там, безусловно, есть, проведенные на основании большого количества разных подходов и аспектов. Однако это разнообразие приводит к тому к тому, что смысл несколько расплывается. Хотелось бы более четкой и

выраженной классификации. Однако, возможно, это просто следствие действительно большой сложности изучаемого объекта.

Глава построена довольно сложно, в ней чередуются «теоретические» и «практические» части. Разделы 3.1 и 3.2 – общетеоретические, методологические (даже философские). В разделе 3.1 кажется излишне подробным рассуждение о том, что положение «"настоящее является ключом к прошлому" ... не позволяет решать задачи прогнозирования, оценки оползневой опасности». Непонятно, зачем это обсуждать в таком ключе. Кажется очевидным, что для задач прогноза нужно использовать «противоположный» принцип «прошлое и настоящее – ключ в будущему». То же касается землетрясений, извержений, вообще всего, "что еще не произошло". Вообще представляется, что разделы 3.1, 3.2. несколько многословны и абстрактны. Хотя с выводами трудно спорить – они более или менее очевидны, но именно поэтому раздел кажется избыточным. При этом в разделе 3.3 приводятся конкретные примеры (важные, убедительные), подтверждающие методические положения, разрабатываемые в работе. Но именно в нем расположен важный рис. 3.20, который относится к методологическому обобщению (представляется, он более уместен в разделе 3.2). Но раздел 3.4 - снова общетеоретический.

Вообще, хотя содержание части I в целом соответствует названию (Теоретические основы...), но ожидалось более конкретные формулировки, возможно, количественные. В частности, подчеркивается необходимость выделения этапов развития оползневого процесса, но не говорится, какие методы для конкретного выделения этих этапов? То же касается и необходимости определения пространственных и временных пределов, в которых происходит подготовка оползневого процесса.

В главе 4, где проводится анализ данных о наиболее крупномасштабных проявлениях оползневых процессов, уместно было бы сопоставление результатов с аналогичными работами предшественников: в чем сходства и отличия. Это позволило бы, в том числе, более четко выделить новизну данной работы. Между тем такого сопоставления (в явном виде) нет, хотя автор, несомненно, знаком с

огромным массивом работ по теме диссертации (об этом свидетельствует более чем внушительный список использованной литературы).

Для анализа в качестве крупнейших рассмотрены оползни с объемом $>1,5 \text{ км}^3$, для современных $>0,8 \text{ км}^3$, но чем обусловлены именно такие значения? Ряд статистических результатов (по процентному содержанию тех или иных параметров) было бы нагляднее представлять в виде гистограмм распределений.

Целый ряд замечаний и соображений есть по поводу предложенной (логарифмической) аппроксимации распределений оползней по объемам. В принципе такая аппроксимация выглядит вполне возможной, но:

1. Не сравнивается и не обсуждается полученный в работе вид аппроксимации в свете работ предшественников. В работах известных учёных (Malamud, Turcotte, 1999; Malamud et al., 2004, Eeckhaut et al., 2007; Brunetti et al., 2009, и др.) предлагаются, как правило, аппроксимации степенными зависимостями, к чему есть и теоретические предпосылки (СОК, например), приводимые в этих и других публикациях. Следует ли что-то из предлагаемой смены модели?

2. Оценка достоверности аппроксимации на основании только коэффициента корреляции может быть недостаточно (хотя он высокий, и основания для сделанных выводов есть). Поскольку речь идет о выборе наилучшей функции, описывающей зависимость, уместно было бы оценить достоверность применяемой модели аппроксимации (по критерию Фишера, например).

3. Кумулятивные распределения чувствительны к эффектам, связанным с конечностью реальных объектов и с ограниченностью выборки. Наличие максимального значения в выборке приводит к тому, что кумулятивное распределение подчиняется простому степенному закону ($N \sim V^{-a}$) с достаточной точностью только вдали от максимального значения $V_{\max}$, а вблизи к нему «загибается». Эта проблема известна, например, в статистике распределения землетрясений по магнитуде (энергии).

Возможно, тут следовало проверить качество аппроксимации с применением степенного закона вида

$$N \sim V^a - V_{\max}^{-a}$$

с учетом ограничения на максимальный размер. Он достаточно адекватно описывает загиб в области больших значений.

4. Рассмотрение наложенных выборок и аппроксимация отдельно каждой – хорошая идея. Но даже в этом случае в область наибольших значений аппроксимационная зависимость зачастую отклоняется. Кроме того, рисунки, где это приводится (4.5, 4.12 и т.п), нуждаются в лучшем комментировании (чем обусловлены выбор диапазонов масштабов). Да и отдельные диапазоны (например, на рис. 4.5) больше похожи на степенную зависимость. Анализировались ли другие виды аппроксимации по выделенным диапазонам?

5. Разделение на выборки по типам зачастую не покрывают всего диапазона масштабов (особенно в области наибольших значений), как описывать эти диапазоны?

6. Можно ли как-то использовать полученные коэффициенты аппроксимации? что они характеризуют? Можно ли их применять для классификации, типизации? Это никак не обсуждается

Есть и ряд более мелких замечаний. На стр. 187 введена M_L^{norm} , а в таблице 5.1 использована также sM_L . В чем разница, зачем обе величины приведены в таблице? Синхронность вариаций климатических факторов и проявлений оползней (рис. 6.14, 6.15) анализировалась только визуально, или применялись какие-то методы? Многие рисунки расположены очень далеко от относящегося к ним текста, что затрудняет чтение.

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 специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (по геолого-минералогическим наукам), а именно следующим ее направлениям: «Типы, механизмы и синергетические особенности геологических, геокриологических и инженерно-геологических процессов, закономерности их

возникновения, развития и трансформации в ненарушенных и нарушенных человеком условиях», «Региональные геологические, зональные и техногенные факторы формирования инженерно-геологических и геокриологических условий и природно-технических систем», 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 требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Автореферат диссертации полностью раскрывает содержание работы и соответствует основным её положениям.

Таким образом, соискатель Зеркаль Олег Владимирович 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 профессор кафедры динамической геологии геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

ЗАХАРОВ Владимир Сергеевич

04.04.2025

Контактные данные:

тел.: +7(495)9392551, e-mail: zakharov@geol.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика».

Адрес места работы: 119991, РФ, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», геологический факультет.

Тел.: +7(495)9392551; e-mail: admin@geol.msu.ru