

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи



Зеркаль Олег Владимирович

ПРИРОДА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ И
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ

Специальность 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

диссертация на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Том 1

Москва

2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТОМ 1

Введение	5
ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ	14
Глава 1. Развитие и современные представления об оползневых процессах, подходы к их изучению, исследованию закономерностей формирования и распространения	15
1.1. Краткий исторический обзор изучения оползневых процессов	15
1.2. Современные подходы к изучению закономерностей развития и распространения оползневых и других склоновых процессов	24
1.3. Выводы по главе 1	46
Глава 2. Особенности оползневых и других гравитационных склоновых процессов, их проявлений как объектов изучения	48
2.1. Методологические аспекты проводимого исследования	48
2.2. Развитие взглядов на трактовку терминов "оползневой процесс" и "оползень", существующие подходы и воззрения	50
2.3. Понимание терминов "оползневой процесс" и "оползень", определения	57
2.4. Учет характера начальной стадии развития оползневых деформаций и особенностей формирования оползневых тел при инженерно-геологических работах	78
2.5. Выводы по главе 2	79
Глава 3. Оползни как природные и природно-техногенные явления	82
3.1. Концептуальные подходы и направления предметного рассмотрения оползней как природных и природно-техногенных явлений	82
3.2. Оползень как результат естественно-исторического процесса	89
3.3. Роль геологической истории в развитии современных оползневых процессов	96
3.3.1. Значение геологической истории при изучении участков длительного развития оползневых процессов	97
3.3.2. Участки повторного длительного развития оползневых процессов как оползневые участки типа "палимпсест"	109
3.3.3. Значение геологической истории при изучении участков, где формирование оползней происходит впервые	112
3.3.4. Учет геологической истории при оценке развития оползневых процессов	121

на современном этапе, роль геологической истории в оползнеобразовании	
3.4. Особенности подхода к изучению оползней как геологических явлений, представляющих собой результат естественно-исторического процесса	136
3.4.1. Теоретические положения геодинамического подхода и их развитие с учетом рассмотрения оползней как естественно-исторических тел	136
3.4.2. Особенности оползней как геологических явлений, имеющих естественно-историческую природу	142
3.5. Выводы по главе 3	146
Заключение по части I	148
ЧАСТЬ II. ЛОКАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ	150
Глава 4. Глобальные закономерности развития оползневых процессов	151
4.1. Крупнейшие современные проявления оползневых процессов	151
4.2. Крупнейшие оползни на Земном шаре и закономерности их распространения	160
4.3. Особенности и закономерности проявления оползневых процессов на территории Российской Федерации	163
4.4. Выводы по главе 4	181
Глава 5. Региональные закономерности развития современных оползневых процессов	185
5.1. Общие региональные закономерности развития современных сейсмогенных оползневых процессов на Земном шаре	185
5.2. Влияние эндогенных геологических процессов на развитие крупнейших проявлений оползневых процессов на Земном шаре	189
5.3. Роль метеоклиматических воздействий в массовых активизациях оползневых процессов на Земном шаре	197
5.4. Выводы по главе 5	201
Глава 6. Общие закономерности развития оползневых и других гравитационных склоновых процессов на территории Российской Федерации	203
6.1. Региональные геологические закономерности распространения и развития оползневых процессов на территории Российской Федерации	205
6.2. Зональные геологические закономерности распространения и развития оползневых процессов на территории Российской Федерации	225
6.3. Закономерности пространственного распределения современных антропогенно обусловленных оползневых и других гравитационных склоновых процессов	229

6.4. Выводы по главе 6	237
Заключение	239
Список литературы	241

ТОМ 2. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Определения используемых терминов	3
Приложение 2. Каталог наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов на Земном шаре	52
Приложение 3. Каталог ощутимых и сильных землетрясений, сопровождавшихся интенсивным проявлением оползневых процессов	81

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Важнейшей фундаментальной задачей инженерной геодинамики, как одного из направлений инженерной геологии, является разработка учения о механизме, динамике, закономерностях формирования и развития геологических и инженерно-геологических процессов в верхней части земной коры.

Оползневые процессы относятся к наиболее опасным геологическим процессам, нередко приводя к существенным жертвам и экономическим потерям в населенных пунктах, вдоль транспортных коридоров, на сельскохозяйственных угодьях. Уже в нынешнем тысячелетии (с 2004 г. по 2016 г.) произошедшие в мире свыше 4800 несейсмогенных оползней являлись причинами гибели порядка 56 тыс. человек (по обобщенным данным M.J. Froude и D.N. Petley [501]). Помимо этого, к значительным человеческим жертвам и существенному экономическому ущербу привели сейсмогенные оползни в 2005 г. при Кашмирском землетрясении (Пакистан, Индия), в 2008 г. при Венчуаньском землетрясении (Китай), а также при землетрясениях в 2015 г. в Непале и в 2023 г. в Турции. Поэтому изучение, анализ, оценка развития и опасности оползневых процессов являются одной из основных, самостоятельных задач инженерной геодинамики, как одного из направлений инженерной геологии на современном этапе. Актуальность изучения закономерностей (локальных, региональных) развития оползневых процессов подчеркивается значительным объемом научных исследований по названному направлению. По данным О.В. Зеркаля за период 1992-2016 г.г. вышло порядка 5 тыс. отечественных публикаций, представляющих результаты описания, изучения оползней [97]. По данным M. Mikoš с соавторами в период с 2014 г. по 2022 г. во всем мире было опубликовано 927847 статей по оползневой тематике [673].

Знания о механизме, закономерностях формирования и развития оползневых процессов, понимание их динамики во времени и в пространстве способствуют решению широкого спектра фундаментальных геологических проблем, в том числе затрагивающих вопросы образования, накопления и эволюции осадков на склонах и прилегающих областях как в морских, так и в континентальных условиях, механизмов формирования гравитационно перемещенных толщ в пределах тектонически активных областей, роли оползневых процессов в формировании геологического строения горно-складчатых регионов. Вместе с тем, очевидно, что изучение подобных явлений также имеет важнейшее значение для обеспечения безопасности людей, устойчивого развития территорий, подверженных активному воздействию оползневых процессов. Однако, несмотря на более чем двухсотлетнюю историю этих исследований, многие вопросы, решение которых необходимо для обоснованной и объективной оценки геологических опасностей, обусловленных развитием и воздействием оползней на

хозяйственные объекты, их влияния на инженерно-геологические условия обширных территорий, все еще остаются далеки от окончательного разрешения.

Таким образом, актуальность настоящей работы обусловлена необходимостью дальнейшего развития и совершенствования научно-методических подходов к изучению и анализу оползневых процессов, а также определяется значимостью оценки закономерностей формирования, динамики и распространения оползней при рассмотрении роли опасных геологических процессов склонового ряда в формировании современных инженерно-геологических условий.

Степень разработанности. В настоящее время оползневедение следует рассматривать как одно из важнейших направлений научных исследований в составе инженерной геодинамики, как одной из составляющих инженерной геологии, включающей весь круг вопросов, связанных с изучением оползневых и других геологических склоновых процессов - от условий и механизма их формирования и развития до способов инженерной защиты.

К настоящему времени накоплен значительный объем научных данных о формировании и развитии оползневых процессов различных типов для множества регионов, существенно различающихся по природным условиям и особенностям хозяйственного освоения. Вместе с тем, несмотря на очень большое количество опубликованных научных работ, в которых рассматриваются особенности развития отдельных оползней или их групп, посвященных анализу и оценке развития оползневых процессов как на отдельных территориях, так и в пределах крупных регионов, направленных на изучение тех или иных аспектов развития оползней и методов их изучения, совершенствование способов инженерной защиты, в последние годы практически отсутствуют обобщающие работы, в которых были бы проанализированы и сформулированы общие закономерности формирования и развития оползней, было бы выявлено влияние всего комплекса инженерно-геологических условий на активность оползневых процессов.

В представленной диссертационной работе на основе обобщения частных закономерностей, полученных при изучении оползневых процессов в отдельных регионах с различными природными условиями, установлены общие закономерности формирования и развития оползневых процессов.

Цель работы заключается в развитии теоретических основ изучения оползневых процессов, выявлении локальных и региональных закономерностей формирования и распространения оползней.

Основные задачи:

1. Рассмотрение, анализ и обобщение существующих воззрений на содержание, понимание, трактовку терминов "оползневой процесс" и "оползень". Анализ основных

теоретических положений изучения закономерностей развития и распространения оползневых и других склоновых процессов.

2. Анализ и оценка роли геологической истории развития территории в образовании оползней.

3. Оценка и анализ региональных закономерностей развития оползневых процессов.

4. Рассмотрение, анализ и оценка влияния эндогенных геологических процессов на оползнеобразование.

5. Оценка роли зональных геологические факторов в современной активности развития оползневых процессов.

6. Рассмотрение влияния техногенных факторов на развитие оползневых процессов.

Объект и предмет исследований. Объектом изучения рассматриваются оползневые процессы и их проявления. Предметом изучения выступают особенности и закономерности распространения, развития (активность, интенсивность) оползневых процессов и их проявлений.

Фактический материал. В диссертационной работе изложены результаты многолетних научно-теоретических и прикладных исследований (1987-2023 г.г.), проводившихся автором. Выполненная работа опирается на материалы, собранные автором в ходе выполнения региональных работ по научно-исследовательским и геологосъемочным тематикам, проводившихся в различных регионах Российской Федерации (о. Сахалин, Западная Сибирь, Северное Приазовье, Северный Кавказ, Центрально-Европейский регион, Крым и др.), а также Центральной Азии, основывается на методических наработках автора, выполненных в рамках ведения мониторинга опасных геологических процессов, а также данных, полученных автором при инженерных изысканиях на участках строительства ряда объектов (объектов Загорской ГАЭС, объектов горного кластера XXII Зимней Олимпиады в г. Сочи (район Красной Поляны), объектов транспортной инфраструктуры на Северном Кавказе и Дальнем Востоке, участках развития оползней на территории г. Москвы, г. Сочи и других городов).

Начиная со второй половины 90-х годов прошлого столетия, автор принимал участие в выполнении ряда международных научных проектов, в частности: в проекте Рабочей группы по окружающей среде Российско-Американской комиссии по экономическому и технологическому сотрудничеству («Экологические последствия землетрясения в г. Нефтегорске, май 1995 г.», 1996), в проекте Международной программы по геологической корреляции (IGCP-425 «Оценка и управление оползневой опасностью для участков высокой культурной и социальной значимости», 1998-1999), в проекте Программы развития ООН по Управлению риском стихийных бедствий («Разработка методологии оценки риска стихийных бедствий на территории Республики Таджикистан», 2009-2011), в проектах Международной

программы по изучению оползней, реализуемой при поддержке Международного оползневого консорциума и ЮНЕСКО (IPL-169 «Оценка оползневой опасности и риска в Долине Гейзеров (Камчатка)», 2011-2012; IPL-215 «Влияние палеоползней на современную устойчивость склонов», 2017-2018). Материалы, собранные в ходе этих работ, также использовались при работе над диссертацией.

В диссертационной работе выполнено обобщение обширного объема опубликованных данных о развитии оползневых процессов, условий их формирования и активизации, а также материалов, представленных в Государственных докладах о состоянии окружающей природной среды по территориям субъектов Российской Федерации, Информационных бюллетенях и Информационных сводках государственного мониторинга состояния недр.

Личный вклад автора заключается в формулировании и обосновании научной проблемы, постановке цели и конкретных задач исследований, их решении, в участии на всех этапах проводимых исследований, включая полевые работы, направленные на сбор первичных данных, тематическую обработку и интерпретацию данных дистанционного зондирования, обработку, анализ и обобщение материалов, в результате которых был получен значительный объем новой инженерно-геологической информации и выявлены закономерности распространения и развития оползневых процессов, представляемые в работе.

Автор лично участвовал в сборе, анализе, интерпретации, обобщении представленных в диссертации материалов, описывающих проявления оползневых процессов, признаки, характеризующие факторы развития и активизации оползней. Приведенные практические примеры основаны на работах, выполненных автором в период с 1987 г. по 2023 г. В рамках проведенных исследований автор интерпретировал полученные результаты, проводил их анализ и обобщение, делал выводы. Автор принимал участие в создании представленных инженерно-геологических ГИС-приложений и лично проводил пространственные анализ данных и осуществлял построение тематических картографических материалов.

Научная новизна

1. Показана полисемантность понятийного аппарата оползневедения, обусловленная различными подходами к изучению оползневых и других геологических склоновых процессов. Сформулировано представление о специфических механизмах смещения оползневых масс, существующих наряду с основными механизмами, и являющихся составной частью комбинации реальных механизмов перемещения масс при оползнеобразовании.

2. Сделан вывод о том, что в теоретическом плане «оползень» следует понимать как геологическое тело, имеющее естественно-историческую природу, а собственно оползневые смещения, представляют собой результат, как правило, длительного геологического развития территории.

3. Проведено выделение участков разновременного повторного развития оползневых процессов (участков типа "палимпсест"). Показано, что для участков типа "палимпсест" характерна ре-активизация деформаций в современных инженерно-геологических условиях, в то время как формирование и начальное развитие оползневых смещений происходило в иных, в настоящее время не существующих инженерно-геологических условиях.

4. Получены формы количественных зависимостей встречаемости оползней от их объема.

5. Показано, что в зонах взаимодействия жестких блоков земной коры ("диффузных границах тектонических плит") и на территориях интенсивного высвобождения эндогенной энергии, представляющих собой региональные пояса и территории со сложными инженерно-геологическими условиями и обстановками, локализуются области и отдельные ареалы массового активного развития оползневых процессов.

6. Показано, что области массового развития оползней на территории Российской Федерации характеризуются приуроченностью к "диффузным границам тектонических плит". Отмечено, что в пределах внутриплитных областей интенсивность развития оползней на территории Российской Федерации определяется особенностями современного рельефа и историей его формирования (как медленно изменяющегося фактора оползнеобразования).

7. Показан кумулятивный эффект, возникающий при совместном активном влиянии региональных геологических (медленно изменяющихся) и зональных геологических (быстро изменяющихся) факторов. В качестве триггера (непосредственной причиной развития оползневых процессов) могут выступать как природные факторы, так и техногенное воздействие (на территориях интенсивного освоения), действующие либо отдельно, либо совместно.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты исследований, изложенные в диссертационной работе, развивают теоретическую базу учения о закономерностях развития и распространения оползневых и других склоновых процессов.

Вопросы обеспечения безопасности и сохранения устойчивого развития объектов и территорий с учетом осуществляемой и планируемой инженерно-хозяйственной деятельности человека, происходящей в условиях изменения климата, нередко сопровождающейся интенсивным развитием опасных геологических процессов, включая оползневые процессы, в настоящее время являются наиболее острыми в практических приложениях инженерной геологии в целом, и инженерной геодинамики, в частности. Полученные результаты диссертационного исследования, выявленные закономерности, позволяют решать теоретические, специальные научные и конкретные практические задачи по анализу, оценке и прогнозированию развития оползневых и других геологических склоновых процессов в

природных условиях, а на территориях интенсивного освоения – с учетом характера техногенного воздействия.

Результаты проведенного диссертационного исследования внедрены в практику учебного процесса на кафедре инженерной и экологической геологии Геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (курс «Вопросы картирования и прогнозирования опасных геологических процессов», читаемый, начиная с 2016 г., курс «Геологическое обоснование инженерной защиты территорий и сооружений», читаемый, начиная с 2022 г.). Также получены (в соавторстве) Патент на полезную модель №35452 «Система мониторинга состояния недр» (зарегистр. 10.01.2004 г.), Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2003611398 «Программно-аналитический комплекс по анализу и дешифрированию материалов дистанционного зондирования Земли при ведении мониторинга опасных геологических процессов "GeoSpace" (АРМ "GeoSpace")» (зарегистр. 09.07.2003 г.) и Свидетельство о регистрации базы данных №2004620277 «База данных "Учет проявлений экзогенных геологических процессов в составе информационно-аналитической системы государственного мониторинга состояния недр" (БД "Учет проявлений ЭГП в составе ИАС ГМСН")» (зарегистр. 03.12.2004 г.).

Методология и методы исследования. В основе проведенных исследований лежат основные методологические подходы, используемые в науках геологического цикла, - естественно-исторический и сравнительно-геологический подходы. Выполненная работа опирается на основной принцип инженерной геодинамики, как одного из направлений инженерной геологии как науки, - положение о зависимости условий развития и активизации оползневых процессов от совокупности природных (региональных и зональных геологических) и техногенных факторов.

Порядок проводимых исследований, в целом, являлся стандартным для изучения геологических объектов и процессов. Он включал: тематическое дешифрирование данных дистанционного зондирования, полевые наблюдения с фиксацией первичных данных → камеральную обработку полученных данных, в т.ч. создание баз данных и ГИС-проектов, целевую обработку, анализ и синтез информации, нацеленных на выявление частных и общих, в т.ч. региональных, закономерностей → осмысление и обобщение полученной информации. Таким образом, при решении поставленных задач в работе широко использовался метод сопоставления теоретических, полевых и экспериментальных (в т.ч. полученных при пространственном анализе) данных.

Положения, выносимые на защиту:

1. Изучение особенностей образования и смещения оползней должно основываться на естественно-историческом подходе с анализом всей геологической истории развития

территории с выделением как фазы образования и трансформации массивов горных пород и фазы расчленения их поверхности, сопровождающейся формированием склонов, так и фазы собственно развития деформаций, при которой формируется оползневое тело, и фазы постоползневого развития.

2. Территории наблюдаемого проявления оползневых процессов подразделяются на участки современного развития склоновых деформаций и участки разновременного повторного развития оползневых процессов (участки типа "палимпсест").

3. Распределение проявлений оползневых процессов по своей масштабности (общим объемам) на территории их развития/активизации описывается логарифмической функцией, коэффициенты которой варьируют в зависимости от особенностей инженерно-геологических условий, причем полихронность развития оползневых процессов осложняет получение количественных закономерностей.

4. Регионы с наиболее высокой интенсивностью оползневых процессов (по масштабности, разнообразию типов) на современном этапе геологического развития тяготеют к "диффузным границам тектонических плит", а также к областям внутриплитного высвобождения эндогенной энергии. Совместное действие эндогенных факторов оползнеобразования и метеоклиматических воздействий приводит к формированию кумулятивного эффекта при активизации оползней.

5. В пределах относительно жестких блоков земной коры:

- предрасположенность территорий к развитию оползневых процессов определяется действием медленно изменяющихся региональных геологических факторов, среди которых ведущую роль играет геоморфологический фактор;

- внутригодовая и многолетняя активность развития оползневых процессов контролируется действием современных быстро изменяющихся зональных геологических факторов;

- на территориях интенсивного освоения техногенное воздействие выступает определяющим фактором развития оползневых процессов.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов диссертационного исследования определяется обоснованностью применения современных методов исследования, подтверждением и сопоставимостью полученных результатов теоретических исследований и интерпретации инженерно-геологической информации на основе выявленных закономерностей с результатами полевых работ по изучению оползней, апробацией результатов исследований, а также государственной регистрацией патента и электронных баз данных.

Основные результаты настоящей работы представлялись и докладывались на

международных научных форумах в 1995-2024 г.г., в т.ч. международной конференции "Проблемы сейсмологии и инженерной геологии" (Ташкент, 1995), VII, VIII, IX и XIII международных симпозиумах по изучению оползней (Тронхейм, 1996, Кардифф, 2000, Рио-де-Жанейро, 2004, Картахена, 2020), VIII, XII и XIV конгрессах Международной ассоциации по инженерной геологии и охране окружающей среды (IAEG) (Ванкувер, 1998, Турин, 2014, Ченду, 2023), международном симпозиуме по стабилизации склонов (IS-Shikoku-1999, Шикоку), XXXII международном геологическом конгрессе (Флоренция, 2004), V международной конференции "Инженерная защита территорий и объектов в связи с развитие опасных геологических процессов " (Гурзуф, 2007), I, II, IV и V Всемирных оползневых форумах (Токио, 2008, Рим, 2011, Любляна, 2017, Киото, 2020), симпозиуме Международной Ассоциации инженер-геологов (IAEG) "Инженерно-геологические проблемы в крупных строительных проектах" (Ченду, 2009), конференции Международной Ассоциации инженер-геологов (IAEG) "Экологические геонауки и инженерная защита территорий и населения" (EngeoPro-2011, Москва), I, IV и V международных симпозиумах по изучению высокоинтенсивных землетрясений и их длительных эффектов (Ченду, 2013, 2015, 2018), симпозиуме по изучению оползней в Адриатико-Балканском регионе (Загреб, 2013), симпозиуме "Проблемы инженерной геологии и геотехники после стихийных бедствий" (София, 2016), конференции Международной Ассоциации инженер-геологов (IAEG) "Внедрение инновационных методов в инженерной геологии" (Афины, 2021), XX конгрессе Международного Союза по изучению четвертичного периода (INQUA) (Дублин, 2019), а также всероссийских (в т.ч. с международным участием) конгрессах, конференциях, совещаниях, в т.ч. конференциях "Мониторинг геологической среды: активные эндогенные и экзогенные процессы" (Казань, 1997), "Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века" (Санкт-Петербург, 2000), "Новые типы инженерно-геологических и эколого-геологических карт" (Москва, 2001), I, II, III и VII конференциях "Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций" (Москва, 2001, 2002, 2003, Кр. Поляна, 2007), конференциях "Проблемы снижения природных опасностей и рисков" ("Риск-2000", "Риск-2003", "Риск-2012", "Геориск-2015", "Геориск-2018", Москва, 2000, 2003, 2012, 2015, 2018), конференции "Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики" (Москва, 2006), конгрессе "Великие реки'2006" (Н. Новгород, 2006), конференциях "Гидрогеология в начале XXI века" (Новочеркасск, 2006), "Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем" (Москва, 2007), "Многообразие современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка" (Москва, 2009), "Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии" (Москва, 2010), I и II конференциях "Новые технологии обработки и использования данных дистанционного зондирования Земли в геологоразведочных работах и

при ведении мониторинга опасных геологических процессов" (Санкт-Петербург, 2012, 2014), II и X конференциях "Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа" (Грозный, 2012, 2020), годовых сессиях Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Сергеевские чтения) в 2004 г., 2007 г., 2009 г., 2010 г., 2015 г., 2022 г., 2023 г. и 2024 г., конференциях "Современные проблемы инженерной геодинамики" (Москва, 2014), "Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения" (Москва, 2017), III конференции "Инженерная геология Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: современное состояние и основные задачи" (Краснодар, 2016), "Инженерная и экологическая геология в МГУ: выдвинутые научные идеи, их развитие и реализация" (Москва, 2018), III конференции "Геодинамические процессы и природные катастрофы" (Южно-Сахалинск, 2019), "Новые идеи и теоретические аспекты инженерной геологии" (Москва, 2021).

Публикации автора по теме диссертации. Автором лично и в соавторстве опубликовано 259 работ, в том числе 172 работы по теме диссертации. Основные идеи и положения работы изложены в 39 научных работах автора общим объемом 56,67 п.л., в том числе 22 публикациях (объемом 11,29 п.л.) в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа содержит два тома. Том 1 (диссертация) изложен на 315 страницах и 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.

Благодарности. Автор выражает искреннюю, глубокую благодарность профессору, доктору геолого-минералогических наук, академику РАЕН В.Т. Трофимову, поддержка и ценные советы которого способствовали выполнению представленной диссертационной работы. Формирование научного мировоззрения автора было бы невозможно без продолжительного общения с моими научными наставниками профессорами Г.С. Золотаревым и Э.В. Калининим.

Автор искренне благодарен профессорам Е.А. Вознесенскому, В.А. Королёву и Е.Н. Самарину за обсуждение работы, а также коллективу Лаборатории инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова за оказанную поддержку в выполнении работы и ее обсуждении.

ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ¹

¹ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором лично, в которых отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Склоновые геологические процессы / О.В. Зеркаль, Э.В. Калинин, О.С. Барыкина и др.; Под редакцией В.Т. Трофимова, О.В. Зеркаля. – М.: Изд-во «Перо», 2022. – 724 с.:

Глава 4. История изучения гравитационных процессов на склонах (с. 49-74). Объем авторского вклада при подготовке главы 4 монографии – 100%.

Глава 5. Понятие "склоновые процессы" и подходы к их рассмотрению (с. 81-86) Объем авторского вклада при подготовке главы 5 монографии – 100%.

Глава 7. Классификация гравитационных процессов на склонах (с. 98-198). Объем авторского вклада при подготовке главы 7 монографии – 100%.

2. Зеркаль О.В. Особенности оползней как объектов изучения//Фундаментальные и прикладные вопросы инженерной геодинамики/Сергеевские чтения, Вып. 24: Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Казань, 30-31.03.2023 г.). - М.: Изд-во «Геоинфо», 2023. - С. 13-17. Объем авторского вклада – 100%.

ГЛАВА 1. РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССАХ, ПОДХОДЫ К ИХ ИЗУЧЕНИЮ, ИССЛЕДОВАНИЮ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ

1.1. Краткий исторический обзор изучения оползневых процессов

Впервые возникновение широко интереса к оползневым процессам, по-видимому, относится к середине XIII века. В конце 1248 г. в долине р. Изер на юго-западном склоне горы Гранье в Савойе (в настоящее время – территория Франции) произошел крупномасштабный оползень-обвал объемом до 500 млн. м³ [384]. Обвальное-оползневое образование мощностью до 100 м покрыли площадь порядка 32 км². В результате оползня-обвала погибло до 6 тыс. человек. Это катастрофическое событие произвело огромное впечатление на современников. В течение сорока лет после катастрофы (это достаточно короткое время между событием и его описанием для средневековья) характеристика произошедшего дается в девяти исторических хрониках, написанных во Франции, Италии, Англии и других частях Западной Европы. При этом шесть авторов хроник сами посетили район, где произошел оползень-обвал.

В дальнейшем, в исторических хрониках XIV-XVI в.в. фиксируется развитие большого числа крупномасштабных оползней, сопровождавшихся значительными разрушениями и жертвами, происходивших в различных частях Европы и других регионах мира (табл. 1.1). Активизация оползневых и других склоновых процессов в этот период, по-видимому, была связана с изменением климата, происходившим с наступлением малого ледникового периода (1550-1850 [361]).

Начало научного изучения (обследование проявлений склоновых процессов, их последствий, интерпретация и обсуждение полученных материалов) может быть отнесено к концу XVIII – началу XIX столетия, ко времени становления геологии как науки.

Наиболее известным, наиболее детально обследованным проявлением склоновых процессов, описанным, закартированным на территории нашей страны в конце XVIII в., является Кучук-Койский оползень в Крыму, образовавшийся 12 февраля 1786 г. Для участка развития склоновых деформаций, развивавшихся в районе Кучук-Коя, дивизионным квартирмейстером капитаном А. Шостаком (впервые в отечественной практике) был составлен "План Кучук-Койского оползня" [86]. Академик П.С. Паллас, посетивший несколько лет спустя этот район, дал достаточно детальное описание участка развития оползня [232], не потерявшее ценности до настоящего времени.

Крупномасштабные оползни, произошедшие в XIV-XVI в.в.

Событие	Последствия	Источник
1369 г. Оползень в Нижнем Новгороде на берегу Волги	Разрушил и погреб под сползшим грунтом множество строений	[327]
1404 г. Оползень "Гандерберг" в долине р. Пассер выше по течению от г. Мерано	Перекрыл долину с образованием озера глубиной до 50 м и протяженностью до 1 км. Прорывы завальной плотины происходили в 1419 г., в 1503 г., в 1512 г., в 1572 г.	[393]
1447 г. (по другим данным – в 1445 г.) Оползень на Окском склоне в Нижнем Новгороде	Разрушил около 150 дворов, в реке образовался вал выпирания	[327]
1513 г. Оползень на северо-западном склоне г. Пьязо Магно (2329 м).	Перекрыл долину р. Брено. В 1515 г. произошел прорыв завальной плотины, что сопровождалось разрушениями г. Бьяска и в долине р. Тичино (в г. Беллинзона и г. Лаго Маджоре)	[393]
1556 г. (по другим данным в 1553 г.) Оползень вблизи впадении р. Суры в р. Волгу	Полностью разрушена Васильсурская крепость, которую пришлось отстраивать заново	[161]
1570 г. (?). Оползень "Яго", Боливия	Разрушил селение Ханко, погибло около 2 тыс. человек	[761]
1571 г. Оползень «Вондер» в Маркли (Великобритания)		[361]
1587 г. оползень у Нижнего Новгорода	Частично разрушен Благовещенский монастырь	[228]
1597 г. Оползень в слободе Печеры, на берегу Волги	Частично разрушен Печерский монастырь, монастырь пришлось перенести на новое место и отстраивать заново. В реке образовался вал выпирания.	[327]

В первой половине XIX в. проводится разработка научных, геологических представлений о природе геологических явлений. Существенный толчок к изучению оползневых процессов дала каменная лавина "Гольдау" объемом порядка 36 млн. м³, образовавшаяся на склоне хр. Россберг (кантон Швиц, Швейцария) 2 сентября 1806 г. Сошедшая каменная лавина, отложения которой покрыли площадь 6,5 км², полностью накрыла деревню Гольдау, где погибло 457 жителей [825]. При изучении каменной лавины "Гольдау" Д. Мейер (1806) и К. Зай (1807) впервые делают вывод о ведущей роли климатического фактора (снежная зима, обильные осадки) в развитии геологических склоновых процессов.

В течение XIX столетия активно проводятся работы по изучению оползневых процессов осложняющих сооружение объектов транспортной инфраструктуры (каналов, железных дорог), а также оказывающие воздействие на различные объекты на территории городов. В 1846 г. французский инженер А. Коллин, рассматривая образование оползней в глинах, произошедших в 1842 г. при сооружении канала от р. Марна до р. Рейн, отметил, что поверхность, по которой происходит смещение, не существовала до начала деформаций, образовавшись в процессе развития оползания [426]. Он впервые показывает, что вновь сформировавшаяся поверхность непрямолинейна, а имеет дугообразную (круглоцилиндрическую – в современной терминологии) форму. Экспериментируя с определением прочностных свойств глин, А. Коллин получил количественные данные об их снижении при водонасыщении, обосновав на основании полученных результатов роль климатического увлажнения в изменении устойчивости склонов.

Известный геолог М. Гаюи в первой четверти XIX в. (с 1813 г.) проводит детальные исследования Одесских оползней, результаты которых он представил в 1831 г. в Петербургской Академии наук [548]. На основании проведенных исследований М. Гаюи была предложена модель образования оползней Одессы, в которой подчеркивалась значимая роль подземных вод в формировании склоновых деформаций. По результатам проведенных исследований при строительстве Потемкинской лестницы (1837-1841 г.г.) в г. Одессе, помимо забивки свай и возведения подпорных стенок, исходя из представлений М. Гаюи, были проложены "особые трубы для скопления и отвода воды в море", а для перехвата подземных вод понтического горизонта была пройдена штольня.

Существенный толчок изучению оползней во второй половине XIX в. – начале XX в. дают исследования серии катастрофических, крупномасштабных геологических событий, произошедших в рассматриваемый период, из которых наиболее известными являются оползень-обвал Эльм (Швейцария, 1881), серия сейсмогенных оползней, произошедших при Верненском (1887 г.) и Кебинском (1910 г.) землетрясениях в Центральной Азии, ледово-каменная лавина в долине Геналдона (Кавказ, 1902), оползень-обвал "Франк" (Канада, 1903), Усойский оползень-обвал (Памир, 1911), рассмотренные, в частности, в работах А. Гейма [554], И.В. Мушкетова [203], И.А. Преображенского [256], Р. МакКоннела и Р. Брока [666], а также других.

Значительное влияние на развитие отечественной школы изучения оползней оказали результаты исследований, проводившихся А.П. Павловым, А.Н. Семихатовым, А.Д. Архангельским и другими на участках развития оползневых процессов в долине р. Волги – в Саратове (1884, 1895, 1915) и Симбирске (1902, 1915) [10, 230, 231, 276].

Одними из важнейших итогов исследований оползневых и других склоновых процессов,

выполненных в XIX в. – начале XX в., стали формализация представлений об оползнях как геологических явлениях, выработка понимания термина "оползень" и разработка суждений о том, что следует рассматривать в качестве ведущего фактора в развитии склоновых процессов. Другим, не менее важным итогом исследований в рассматриваемый период явилась разработка целой серии классификаций оползней и других склоновых гравитационных процессов, предложенных в работах А. Бальцера (1875), А. Гейма (1882), А. Пенка (1894), Д. Молитора (1894), А.П. Павлова (1903), Г. Брауна (1908), Э. Хау (1909), Р. Альмаджа (1910), К.И. Богдановича (1913) и ряда других авторов.

В первой четверти XX столетия "оползневедение" оформляется в одно из самостоятельных научных направлений исследований в инженерной геологии. Именно к этому периоду относится появление первых обобщающих работ в области инженерной геологии, в составе которых значительный объем составляют материалы, представляющие в систематизированном виде итоги многолетнего изучения оползневых и других склоновых процессов, а также специальных монографий, посвященных всестороннему рассмотрению вопросов изучения оползней и других явлений на склонах, обобщению результатов их изучения.

В 1925 г. публикуется работа И.В. Мушкетова "Физическая геология", существенно переработанная и дополненная материалами Д.И. Мушкетова и А.В. Павлова, обобщающая, систематизирующая опыт отечественных исследований оползней и результатов их изучения в Одессе, в долинах р. Волги, р. Днепра, в Крыму, на Черноморском побережье Кавказа [205]. Среди обобщающих работ, опубликованных за рубежом в рассматриваемый период необходимо отметить монографию «Ingenieurgeologie», подготовленную в 1929 г. К.А. von Redlich, К.В. Terzaghi, R. Kampe (русский перевод - Терцаги, 1932) [296], специальную монографию "Горные обвалы и человеческая жизнь", написанную А. Геймом [553], в которой он обобщает результаты исследований оползневых и других геологических склоновых процессов, проводившихся в Альпах с 80^х г.г. XIX в., а также приводит доработанную классификацию оползней, при подготовке которой впервые был использован морфогенетический подход. В 1938 г. выходит другая специальная монография "Оползни и связанные явления", подготовленная К. Шарпом, в которой он впервые представил классификацию оползней, построенную на матричном принципе, которая долгие годы (вплоть до конца 70^х г.г. XX в.) была общепризнанным образцом классификации геологических склоновых процессов во всем мире [786].

Помимо этого, в конце 20^х-начале 30^х г.г. XX в. в нашей стране на II Всесоюзном гидрологическом съезде (Ленинград, 1928) и I Всесоюзном гидрогеологическом съезде (Ленинград, 1931) обсуждаются вопросы необходимости организации стационарных режимных

наблюдений за развитием оползней. По существу, в это время был поставлен вопрос о разработке собственного научного метода исследований в оползневедении, объектом изучения которого выступают оползни и другие склоновые процессы, как геологические явления, характеризующиеся изменчивостью в физическом времени и для изучения которых традиционные методы, применяемые в геологии, ориентирование, в первую очередь, на познание развития объектов в геологическом времени, не всегда были применимы.

Первоначально, созданные во исполнение решений II Всесоюзного гидрологического съезда оползневые станции (Кучук-Койская (1930-1937), Киевская и Одесская (1933-1937)) действовали в составе гидрометеорологической службы, что следовало из логики существовавших в то время представлений о ведущей роли климатического увлажнения в устойчивости склонов. Вместе с тем, полученные результаты показали необходимость пересмотра общего подхода к организации исследования оползней, переориентации их изучения на более полный учет геологических факторов устойчивости склонов. В 1934 г. создается первая оползневая станция (Черноморская (г. Сочи)) в составе геологической службы страны (Министерстве геологии СССР). С 1939 г. уже в составе Мингео СССР возобновляются работы Киевской и Одесской оползневых станций. В 1946 г. организуются Горьковская, Крымская и Сталинградская (в последствии - Нижневолжская) оползневые станции, а в 1950 г. - Московская оползневая станция. В 1947 г. Мингео СССР утверждает "Положение об оползневых станциях", основной задачей которых определяется проведение работ "по комплексному изучению оползней в целях разработки рациональных противооползневых мероприятий". В 50^е-70^е г.г. XX в. существенно расширяется география изучения оползней. Создаются Саратовская (1952) и Северо-Кавказская (1960) гидрогеологические и оползневые станции, Красноярская (1967), Салехардская (1969), Норильская (1969) комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические станции, Барнаульская (1973) оползневая станция, Лагернотомская партия (оползневая станция). Режимными стационарными наблюдениями за развитием оползневых процессов охватываются долина р. Вятки (Вятский косогор, с 1970 г.), отдельные районы Тюменской области (с 1973 г.), побережья Азовского моря (с 1975 г.), Ангарских водохранилищ (с 1975 г.), о. Сахалин (с 1975 г.), Балтийского взморья (с 1979 г.), Сызранское Поволжье (с 1979 г.).

Другим важным направлением развития оползневедения в рассматриваемый период являются работы по совершенствованию классификации оползней и других склоновых явлений. Толчком к развитию этих работ стало прошедшее в апреле 1934 г. Первое Всесоюзное оползневое совещание, на котором Ф.П. Саваренский представил первую отечественную универсальную классификацию оползней, основанную на учете целого набора признаков, включающих (см. [267, с. 29]):

- структуру оползневого склона и характер поверхности смещения;
- причины неустойчивости оползневого массива;
- факторы, способствующие проявлению оползневого смещения;
- размер и характер захвата оползнем склона;
- время проявления и состояние оползня,

а также

- общее направление предупредительных и радикальных мер борьбы с оползновыми явлениями.

Следует отметить, что ряд положений классификации оползней, предложенной Ф.П. Саваренским, не потеряли своей актуальности до сих пор и до последнего времени использовались в действующих нормативных документах, регламентирующих проведение инженерных изысканий на оползневых и оползнеопасных склонах.

В дальнейшем, на протяжении XX в. к вопросам классифицирования оползней в нашей стране обращались А.П. Нифантов (1935), В.Ф. Пчелинцев и Н.Ф. Погребов (1936), Б.И. Айзин (1937), В.Е. Родионов (1937), И.В. Попов (1946), А.М. Дранников (1949, 1956), С.С. Буцько (1951, 1970), Е.Е. Минервина (1953), Г.С. Золотарев (1956, 1964, 1980), П.Н. Панюков (1956), Н.И. Соколов (1961), Е.П. Емельянова (1963, 1972), З.А. Макеев (1963), И.А. Клевцов (1964), Г.Б. Пальшин и Ю.Б. Тржцинский (1964), К.А. Гулакян и В.В. Кюнтцель (1970, 1982), Ф.В. Котлов (1971), М.К. Рзаева (1971), В.И. Преснухин (1975), Н.Н. Маслов (1977), Н.Ф. Петров (1987, 1988, 2011), И.О. Тихвинский (1988), Г.П. Постоев (1988), В.С. Федоренко (1988) и многие другие. За рубежом, схемы классификации оползней разрабатывали Г.Е. Лэдд (1935), Д.Н. Хатчинсон (1968, 1988), К. Заруба и В. Менцл (1969), А. Немчек (1972), М.А. Карсон и М. Кёркби (1972), Ж.П. Мужэн (1973), М.З. Пулинова (1977), Д.Р. Котс (1977), К.Ж. Клергель (1978), А.Е. Шейдеггер (1984), Д. Брансен (1985) и многие другие.

В 1958 г. Д.Д. Варнс (D.J. Varnes)¹ предложил развитие классификационной схемы К. Шарпа, версия которой от 1978 г. стала общепринятой [39, 852]. Дальнейшее развитие классификация Д.Д. Варнса нашла в работах Д. Крудена (классификация оползней Варнса-Крудена (1996) [445]), а в настоящее время проводится ее дальнейшая актуализация в соответствии с современным уровнем развития оползневедения [578].

Значительные успехи в рассматриваемый период были достигнуты в эффективности проведения противооползневых мероприятий и мероприятий по инженерной защите территорий. Проблемы обоснования и выполнения противооползневых мероприятий, защиты склонов от развития оползневых процессов рассматривались в работах Л.Н. Бернацкого (1935),

¹ В ряде публикаций – Д. Варнес, см. например [38].

А.М. Дранникова (1939, 1964), С.К. Абрамов с соавторами (1940), Р.Я. Цыганова (1950, 1953, 1959), С.А. Беренштейна (1953), Б.И. Нечаева (1955, 1957), С.С. Буцько (1957), И.С. Рогозина (1958, 1960, 1968), Г.Г. Миксона (1961), П.Н. Мясникова (1964), А.Н. Чиж (1964), А.Г. Полевиченко (1967), И.П. Зелинского (1968, 1978), В.М. Костомарова (1967), В.И. Хазина (1967), Н.Д. Чалого (1968), Э.М. Доброва с соавторами (1975, 1985), А.И. Билеуша (1978), Г.С. Золотарева с соавторами (1978, 1985, 1987 и др.), Л.К. Гинзбурга (1979 и др.), Б.Н. Карпова (1979), В.И. Тевзадзде и Э.Д. Церетели (1988), А.Л. Рагозина (1992), М.Ю. Абелева (2022) и многих других.

За рубежом вопросы методики и практики, различные аспекты изучения оползневых и других склоновых процессов в этот период в своих работах рассматривали P. Antoine, D. Brunnsden, A. Carrara, M.A. Carson, D.R. Coates, R.E. Goodman, A. Heim, J.N. Hutchinson, K.J. Klengel, G.E. Ladd, V. Mencl, N. Miyabe, A. Nemčok, J. Pašek, C.N. Savage, R.L. Schuster, C.F.S. Sharpe, Y. Takeda, K. Terzaghi, D.J. Varnes, Q. Záruba и многие другие.

Вместе с тем, для успешного обоснования и проведения противооползневых мероприятий, подготовки Генеральных схем защиты потребовалась разработка отдельного направления, включавшего в себя картирование и региональную оценку развития оползней. Первоначально, картирование развития оползней возлагалось на созданные оползневые станции, а в дальнейшем, начиная с 80^хг.г. XX в., на специализированные инженерно-геологические или комплексные партии, действовавшие в составе подведомственных организаций (институтов (ВСЕГИНГЕО, ГИДРОИНГЕО) и экспедиций) Мингео СССР и Госстроя СССР (ПНИИИС), а также на ВУЗы (МГУ, МГРИ и др.). Подготовка первых картографических оценок развития оползневых и других склоновых процессов, выполненных с инженерно-геологических позиций, связаны с именами Б.И. Айзина (1937) - для детальных участков, и Н.И. Николаева (1948) – для региональных оценок [3, 211]. В дальнейшем вопросы картирования оползневых и других склоновых процессов в терминах как развития оползней (с отображением отдельных проявлений), так и оценки пораженности территории оползневыми процессами (как одного из видов "однорангового инженерно-геологического районирования по ведущему фактору"), рассматривались в работах Г.С. Золотарева с соавторами (1969, 1980, 1987), Е.П. Емельяновой (1972), А.В. Садова (1976), М.М. Максимова с соавторами (1979, 1982, 1985), А.И. Шеко с соавторами (1980, 1985), В.В. Кюнтцеля с соавторами (1983), В.С. Федоренко (1988), а также затрагивались в работах многих других авторов. За рубежом проблемы составления карт развития оползней в форме оценки плотности развития оползней (карт изоплет) в своих работах рассматривали R.H. Campbell (1973), R.H. Wright (1974), G.F. Wicczorek (1984), J.V. DeGraff (1985), E.E. Brabb (1989). Логичным развитием методов картографического отображения фактического распространения оползневых и других

склоновых процессов явилась разработка методов пространственного прогноза оползней, различные варианты которого предлагались в работах А.И. Шеко с соавторами (1975, 1984), Г.Л. Круковского (1977), К.А. Гулакяна, В.В. Кюнтцеля и Г.П. Постоева (1977), В.К. Кучая с соавторами (1981, 1986), П.М. Грэдзяну (1981) и многих других.

Также важным направлением в изучении оползневых процессов в течение XX в. стало развитие методов качественной (сравнительно-геологический метод, метод аналогий) и количественной устойчивости склонов на основе физического и математического моделирования, так и научно-исследовательские и практические работы по разработке и реализации противооползневых мероприятий, инженерной защите территорий. Среди разработанных за рассматриваемый период методов физического моделирования следует упомянуть "метод центробежного моделирования", предложенный Г.И. Покровским (1932), "метод эквивалентных материалов", разработанный Г.Н. Кузнецовым (1936), "метод поляризационно-оптического моделирования" (или метод фотоупругости) и "метод электрогидродинамических аналогий", нашедшие широкое применение при изучении устойчивости склонов в 70^е г.г. XX в. В основу применения методов физического моделирования при оценке устойчивости склонов была положена теория подобия [262, 273]. Методы математического моделирования развивались в рассматриваемый период в работах М.Н. Гольдштейна (1936, 1969), А.И. Иванова (1936), Д.Т. Тейлора (1937), Г.М. Шахунянца (1953), Н. Ямбу (1954), А. Бишоп (1955), Н.Н. Маслова (1955), Р.Р. Чугаева (1963), А.Г. Дорфмана (1965), Н.Р. Моргенштерна и В.И. Прайса (1965), Е. Спенсера (1967), А.Л. Можеветинова (1970), а также в работах многих других авторов, рассматривавших как теоретическое обоснование применяемых методов, так и представлявших результаты количественных оценок устойчивости склонов.

Современный этап развития оползневедения. Начало современного этапа в развитии оползневедения, по-видимому, следует отсчитывать с середины 80^х г.г. XX в.

В последние десятилетия различные проблемы изучения оползней в своих работах затрагивают В.Н. Бевз, Е.К. Безуглова, Б.П. Важенин, И.М. Васьков, Р.А. Гакаев, О.В. Зеркаль, А.В. Зуска, А.И. Казеев, Э.В. Калинин, Е.А. Козырева, М.П. Кропоткин, В.С. Круподеров, Н.В. Легкая, М.О. Лейбман, И.В. Мальнева, С.И. Маций, В.Е. Ольховатенко, В.А. Осюк, А.Ю. Пахомов, В.И. Петина, Н.Ф. Петров, Т.И. Подгорная, Г.П. Постоев, В.В. Симонян, Н.А. Скнарина, А.Л. Стром, Л.А. Строкова, И.К. Фоменко, Д.Ю. Шуляков, за рубежом - F. Agliardi, P.T. Bobrowsky, J. Corominas, J. Chacón, M. Chigira, G. Crosta, D. Cruden, S.G. Evans, R. Fell, C. Irigaray, T. Glade, F. Guzzetti, R. Huang, O. Hungr, S. Leroueil, J. Locat, R. Poisel, K. Sassa, D. Stead и многие, многие другие.

Подводя итоги более чем двухсотлетнего научного изучения гравитационных процессов

на склонах, следует кратко остановиться на основных достижениях оползневедения за этот период. Можно отметить, что за эти годы было выработано понимание сложности изучения таких динамичных геологических объектов как оползни и другие геологические склоновые процессы, характеризующиеся значительной изменчивостью как в пространстве, так и в физическом времени, для познания природы которых традиционные, "классические" методы, используемые в геологии в целом и в инженерной геологии, в частности, ориентирование, в первую очередь, на изучение объектов в геологическом времени, не всегда применимы.

Одним из существенных результатов длительных исследований оползневых и других геологических склоновых процессов стало четкое понимание положения оползней и других склоновых явлений среди геологических процессов, выработка представлений об оползнях как явлениях, развивающихся под влиянием внешних воздействий в геологической среде, что важно с общетеоретических позиций развития геологии как науки. Также значимым итогом изучения оползневых и других геологических склоновых процессов являются представления о механизмах развития смещений, их стадийности и типах, что имеет, в т.ч. прикладное значение, позволяя обосновывать и эффективно реализовывать мероприятия по инженерной защите территорий и отдельных объектов, снижая возможные геологические риски до приемлемых значений, управляя этими рисками. При этом, неотъемлемой частью полученных результатов является собственно разработка методов риск-анализа в применении к оценке оползневой опасности, существующей или потенциальной.

Другим важнейшим итогом научных исследований в рамках оползневедения является понимание причин и факторов, вызывающих потерю устойчивости склонов, определяющих их формирование и активизацию. Использование этих представлений при региональном изучении оползневых и других склоновых процессов позволяет более обосновано проводить картирование и специальное районирование, включая прогнозирование, склоновых процессов на региональном уровне, повышать достоверность прогнозных оценок.

Для анализа развития (существующего или потенциального) склоновых деформаций в пределах отдельных склонов (на локальном уровне) наиболее значимым результатом научных исследований в рамках оползневедения является разработка теоретических основ количественной оценки устойчивости склонов и практическая их реализация в виде целого семейства расчетных методов, комплексирование которых позволяет с высоким уровнем достоверности оценивать состояние склонового массива и прогнозировать его изменчивость под влиянием различного рода воздействий.

В последние десятилетия вопросам изучения общих, региональных или частных закономерностей формирования оползневых процессов и других склоновых процессов, динамики их развития были посвящены диссертационные работы на соискание степени доктора

наук К.А. Гулакяна (1987), В.Н. Саломатина (1987), А.Г. Григоренко (1988), Г.И. Рудько (1992), Г.П. Постоева (1992), М.Г. Демчишина (1994), Ю.Б. Тржцинского (1994), Е.А. Черкеза (1994), В.Р. Бойнагрна (1996), А.П. Янковой (1996), В.А. Хрисанова (1999), Т.И. Подгорной (2000), В.С. Круподерова (2001), В.К. Лапердина (2003), Э.Д. Церетели (2003), М.О. Лейбман (2005), В.М. Лазарева (2007), П.Е. Марченко (2010), И.М. Васькова (2017), Е.А. Козыревой (2019), В.В. Симоняна (2021), А.Л. Строма (2022). Проблемы количественной оценки устойчивости склонов, откосов и бортов карьеров были рассмотрены в диссертационных работах на соискание степени доктора наук А.И. Ильина (1987), П.С. Шпакова (1988), М.А. Резникова (1989), Б.Г. Афанасьева (1992), Э.В.Калинина (1992), А.Н. Богомолова (1997), Х.Я. Мурадова (2000), Б.В. Несмеянова (2000), Ю.М. Николашина (2000), О.В. Никольской (2000), А.Ш. Бека (2002), Г.Г. Щербака (2002), Л.Б. Фадеева (2004), А.И. Бийбосунова (2006), С.П. Бахаевой (2008), Х.М. Касымкановой (2009), С.Г. Ожигина (2010), Е.А. Фёдоровой (2012), И.К. Фоменко (2014), А.В. Жабко (2019). Вопросы оценки оползневой опасности и риска анализируются в диссертационных работах на соискание степени доктора наук А.Л. Рагозина (1997), С.И. Мацця (2010), И.К. Фоменко (2014), Е.В. Безугловой (2015).

1.2. Современные подходы к изучению закономерностей развития и распространения оползневых и других склоновых процессов

Развитие подходов и методов в изучении оползневых процессов, факторов их развития, закономерностей их формирования и активизации происходит в тесной взаимосвязи как с общим развитием научно-технического прогресса, так и с разработкой представлений о геологическом строении Земли, а также других компонентов окружающей природной среды, эволюцией подходов и методов их изучения и анализа. Это влияет на постановку решаемых научных и научно-практических задач, состав и структуру проводимых исследований.

Основными объектами при исследовании закономерностей развития оползней выступают потенциально неустойчивые участки склонов, проявления геологических процессов, те или иные виды геологических явлений, развивающиеся на склонах под влиянием действия силы тяжести, геологические тела, формирующиеся при развитии деформаций склонов, районы их распространения. При изучении региональных закономерностей развития и активизации оползневых процессов, как правило, рассматриваются те или иные территории (участки) геологической среды (инженерно-геологические структуры, инженерно-геологические районы различных порядков), как системы с различными инженерно-геологическими условиями, характеризующиеся своей историей формирования, развития и изменения под воздействием

современных природных и антропогенных воздействий. Важнейшей проблемой, при анализе региональных закономерностей развития и активизации оползневых процессов является выбор влияющих на устойчивость склонов основных факторов, как условий и причин формирования оползней, требующих учета и оценки.

И.В. Попов, рассматривая теорию оползневого процесса, отметил [252, с. 80]:

"... жизнь склона в течение современного отрезка геологической жизни его (для установления начала и длительности этого отрезка времени трудно указать один универсальный признак) протекает в виде включений в действие и изменения интенсивности ряда процессов-факторов. Изучение оползней заключается в выявлении факторов оползневого процесса, действующих в данных условиях, и зависимости изменения устойчивости склонов от времени и порядка их включений".

Е.П. Емельянова предложила удачное определение понятия "фактора" развития и активизации оползневых процессов [83, с. 72]:

"Под фактором оползневых процессов мы понимаем любое обстоятельство, которое влияет на устойчивость склонов и, следовательно, может способствовать возникновению или повторному смещению оползня".

Впервые, по-видимому, о геологических факторах (в современном понимании) – рельеф, "геологическая природа", гидрологические условия, с позиции важности оценки их влияния на формирование и развитие оползней, говорит А.П. Павлов (1903) в работе, рассматривающей оползни Симбирского и Саратовского Поволжья [230]. К.И. Богданович в качестве одного из ключевых анализируемых факторов при оценке особенностей развития оползней принимает особенности строения геологического разреза и условия залегания горных пород на склонах [25].

Понятие факторов (как условий и причин) формирования и активизации оползневых процессов, широко использовалось при подготовке универсальных классификаций оползней, активно разрабатывавшихся в 30^е-60^е г.г. XX в. [78, 114, 140, 258, 261, 267 и др.]. Однако, все предложенные универсальные классификации оползней были ориентированы на анализ устойчивости склонов, оценку развития оползневых процессов на локальных участках, не ставя задач выявления региональных закономерностей проявления оползней. Следует отметить, что в дальнейшем во многих обобщающих работах, в т.ч. на современном этапе, рассмотрение факторов формирования и активизации оползневых процессов также проводится с позиции анализа и оценка развития оползней на локальных участках [84, 126, 179, 187, 188]. В частности, об этом свидетельствует ярко выраженный геомеханический подход к типизации факторов, воздействующих на устойчивость склонов, с выделением факторов, влияющих на величину сдвигающих сил, и факторов, влияющих на величину сил сопротивления смещению

[126, 187, 188, 298].

Одним из первых с целью пространственной оценки (в форме картографического анализа) рассмотрение факторов (в качестве условий и причин), как методические прием исследования формирования и активизации оползневых процессов применил Б.И. Айзин, изучая особенности условий развития оползней в г. Горький (в настоящее время – г. Н. Новгород). Б.И. Айзин разделил все факторы, влияющие на формирование и активизацию оползней на две группы [3]:

А. "Факторы структуры внутренние, определяемые геолого-морфологическим строением массива, структурой и консистенций грунта и вызывающих уменьшение сил трения и сцепления", включая:

- "геолого-петрографическое строение пород", в т.ч. их состав, однородность, форма и порядок залегания, характер слоистости;

- "структуру (строение и сложение) породы" - трещиноватость, сланцеватость (кливаж), степень выветренности, зернистости, пористость и нарушенность первичной структуры вследствие естественного или искусственного смятия или перемятия грунтов;

- "консистенцию грунта", в т.ч. связанность, пластичность, степень влажности, плотность и водопроницаемость;

- геоморфологические условия, в т.ч. "общую конфигурацию земляного массива, стадильную зрелость рельефа, высоту и крутизну склонов".

В. "Факторы статико-динамические, вызывающие увеличение активной нагрузки или уменьшение сопротивления", включая:

- действие климата и атмосферных осадков;

- эрозионную деятельность рек;

- действие подземных вод (гидростатическое и гидродинамическое);

- карст и механическую суффозию;

- отрицательную деятельность человека.

К. Терцаги (1950) также разделил причины образования оползней на две группы [297, 822]:

- внешние причины, увеличивающие силы сдвига, оставляя неизменной сопротивление сдвигу пород – увеличение крутизны и высоты склона в результате эрозии или техногенной деятельности, пригрузка склонов, землетрясения;

- внутренние причины, без изменения силы сдвига, уменьшающие сопротивление сдвигу пород – увеличение порового давления и прогрессивное уменьшение сцепления, быстрое снижение УГВ, механическая суффозия, разжижение грунтов.

В качестве агентов, вызывающих оползни, К. Терцаги выделял тектонические силы, вес пород,

слагающих склоны, поверхностные и подземные воды, техногенное воздействие.

Идеи Б.И. Айзина, К. Терцаги в дальнейшем получили свое развитие в работах Е.П. Емельяновой и Г.С. Золотарева [81, 83, 120]. Е.П. Емельянова тоже разделила факторы формирования и активизации оползневых процессов на две группы [81]:

- составляющие условий (геологическое строение, состояние и свойства пород, подземные воды);
- факторы, изменяющие условия (изменение рельефа, изменение свойств пород в результате выветривания, увлажнения, подъема уровня грунтовых вод, приложение дополнительных сил (сейсмические толчки, искусственные динамические воздействия, изменения гидродинамического давления).

В свою очередь, Г.С. Золотарев предложил подразделять факторы, оказывающие влияние на устойчивость склонов, на три группы [120]:

- "факторы, создающие среду", включая:
 - (а) геолого-петрографические комплексы пород, их залегание и трещиноватость;
 - (б) обводненность отложений;
 - (в) общий тектонический режим и геологическую историю;
- "факторы, изменяющие состояние, прочностные и другие свойства массивов пород склона", включая:
 - (а) тектонические, в т.ч. сейсмические, процессы;
 - (б) экзогенные геологические процессы, в т.ч. выветривание и разуплотнение пород, эрозию, выщелачивание и суффозию;
 - (в) увлажнение пород, контактов, трещин и их заполнителя природными (атмосферными и подземными) и хозяйственными водами;
- "факторы, обуславливающие распределение и величины напряжений, очаги концентраций и их перепады в массивах пород склонов".

В 1947 г. Н.И. Николаев впервые формулирует теоретические задачи регионального изучения геологических и инженерно-геологических процессов (в современной терминологии) и закономерностей их развития, включающие:

"1. Изучение обстановки проявления физико-географических процессов и отдельных факторов, их определяющих, применяя количественную оценку, используя для этого физические размерности

При этом выявляется относительное значение отдельных определяющих процесс факторов.

2. Изучение физико-географических процессов, проявляющихся в данное время в изучаемом районе и в их историческом развитии.

3. Прогноз физико-географических явлений, которые могут оказать влияние на строительство инженерного сооружения или его эксплуатацию.

4. Рассмотрение инженерно-геологических процессов в географическом разрезе с выяснением роли региональных факторов в их проявлении" [209, с. 125].

В целом, предложенный комплекс задач, требующих решения при изучении геологических и инженерно-геологических, в т.ч. оползневых процессов, не потерял своей значимости до настоящего времени.

В своей работе Н.И. Николаев первым указывает на необходимость учета зональности (широтной и вертикальной) проявления геологических процессов, увязывая развитие экзогенных геологических процессов с поступлением солнечной энергии, влияющей на климатические условия. Вместе с тем, гравитационные процессы, "наиболее энергично проявляющиеся в сильно расчлененных местностях и горных областях", Н.И. Николаев отнес к азональным экзогенным геологическим процессам [208].

Также на важность учета зональных условий, определяющихся "наличием на земле докучаевских почвенно-климатических зон, влияющих на характер и распространение поверхностных отложений и современных экзогенных геологических процессов", указывает И.В. Попов [250, с. 85]. Однако, в дальнейших его работах это направление исследований детального развития не получило.

И.В. Попов одним из первых формирует представление о "теории оползневого процесса", под которой он предложил понимать "совокупность закономерностей, связывающих во времени и пространстве обстановку, участников, условия и факторы процесса с временем и формой возникновения и ходом развития и завершения процесса, т.е. установление причины и следствия, возможности и действительного осуществления и обусловленности каждого этапа процесса как части целого" [252, с. 77].

И.В. Попов считал, что "закономерности возникновения склоновых процессов являются региональными геологическими и климатическими, последние правильнее понимать и рассматривать более широко как зональные закономерности" [253, с. 20]. К региональным геологическим предпосылкам возникновения склоновых процессов И.В. Попов относил тектонические движения и подчиняющиеся им процессы формирования рельефа. Роль зональных факторов в возникновении склоновых процессов и характера их проявления, по мнению И.В. Попова, заключается в изменениях физического состояния пород.

Несколько ранее, в 1951 г. В.Н. Славянов выдвигает идею разделения групп факторов, оказывающих влияние, предопределяющих развитие и активизацию оползневых процессов, по времени/длительности их действия [282]. В.Н. Славянов выделял:

"1. Факторы, влияние которых ... меняется в течение длительного, часто геологического,

времени (геологическое строение, тектоника, рельеф, особенности пород и т.д.);

2. Факторы, влияние которых ... периодически меняется (гидрометеорологические факторы, абразия, грунтовые и подземные воды, землетрясения);

3. Факторы, вызванные деятельностью человека" [282, с. 121].

Предложенный В.Н. Славяновым подход явился плодотворным и в дальнейшем получил свое развитие в работах Г.С. Золотарева, В.В. Кюнтцеля, А.И. Шеко, В.С. Круподерова, О.В. Зеркаля [107, 118, 169, 191, 197].

В.В. Кюнтцель, с одной стороны, наследуя представления Е.П. Емельяновой о влиянии на развитие оползней "условий" (геологических, геоморфологических, гидрогеологических, климатических (как среднемноголетних), сеймотектонических и др.) как факторов формирования и активизации оползневых процессов, с другой стороны, вслед за В.Н. Славяновым, разделяет "факторы условий" по времени/длительности их действия на практически постоянные и слабо изменяющиеся характеристики среды [169]. Дополнительно В.В. Кюнтцель выделял, в качестве наиболее изменчивых факторов, геологические процессы, воздействующие на устойчивости склонов, давая их классификацию. Следующим шагом В.В. Кюнтцель подразделял "факторы условий" по характеру воздействия на [169]:

- "повсеместно площадные", включающие процессы выветривания, атмосферные осадки, колебание уровней поверхностных и подземных вод, современные тектонические движения;

- "повсеместно линейные", в т.ч. речная и овражная эрозия, переработка берегов водохранилищ;

- "зональные", включающие процессы промерзания/протаивания;

- "региональные", в т.ч. абразия, землетрясения и вулканизм;

- "локальные", включая суффозию, выщелачивание, антропогенное воздействие.

Также, в целом, воззрений Е.П. Емельяновой придерживался И.О. Тихвинский, разделивший факторы, определяющие развитие оползней и особенности их смещений, на две группы [300]:

- факторы-условия, отражающие исходное состояние геологической среды, в которой формируются оползни (рельеф, литологический состав, условия залегания и свойства горных пород, гидрогеологические условия);

- факторы-процессы и воздействия, изменяющие исходное состояние склонов (речная и овражная эрозия, абразия, выветривание, тектонические движения, разнообразное техногенное воздействие).

В 70^е-80^е г.г. XX в. А.И. Шеко с соавторами (В.С. Круподеров, И.В. Мальнева, Н.К. Кононова и др.), опираясь на идеи В.Н. Славянова о необходимости учета времени/длительности действия того или иного фактора, обуславливающего развитие

геологических, в т.ч. оползневых, процессов, разрабатывая вопросы прогнозирования ЭГП, предложили подразделять факторы на три группы [191, 344, 346]:

I. "Постоянные", к которым были отнесены (1) геологическое строение (тектоника, стратиграфия, литология) и (2) геоморфологические условия (характер, морфология и морфометрия, генезис и возраст рельефа);

II. "Медленно изменяющиеся", подразделяемые на:

А. Независимые (основные) – современные тектонические движения, климатические условия;

Б. Производные – изостатические и эвстатические изменения уровня моря; температурные и влажностные условия; гидрогеологические условия; растительность и почвы;

III. "Быстро изменяющиеся", подразделяемые на:

А. Независимые (основные) – метеорологические (осадки, температура и др.); гидрогеологические (расходы и уровни в реках, уровни и волнения в водоемах); сейсмические (землетрясения); хозяйственная деятельность;

Б. Производные – поверхностный сток; влажность и льдистость горных пород; сезонные промерзание и протаивание; температура пород; прочностные и деформационные свойства горных пород и т.д.

В дальнейшем, развивая подход, разработанный А.И. Шеко с соавторами, Г.С. Золотарев и О.В. Зеркаль предложили дополнительно выделить четвертую группу факторов, определяемых как триггерные факторы, т.е. факторы, представляющие собой непосредственную причину потери устойчивости склоном [118]. Последующее развитие рассматриваемого подхода можно найти в работах О.В. Зеркаля [88, 93, 106].

В первой половине 80^е г.г. XX в. Д.Д. Варнес, разрабатывая проблему оценки оползневой опасности, проводит выделение и группировку факторов, оказывающих влияние на развитие оползневых процессов и обуславливающих наличие оползневой опасности [38]. Д.Д. Варнес выделил следующие группы и типы факторов [850]:

I. Основные факторы (определяющие условия):

- геологические условия, включая:

- состав (гранулометрический, минеральный, химический, количество и тип цемента), структура, текстура грунтов и горных пород, их прочностные характеристики, проницаемость, степень выветрелости;

- структурные особенности (гомогенность/гетерогенность массивов грунтов и горных пород, последовательность залегания, условия залегания (относительно ориентировки склона и его уклонов), поверхности раздела (слоистость,

трещиноватость, разломы), их масштабность и ориентированность, наличие складчатости, блочность и фрагментация материала);

- геоморфологические условия, включая крутизну, относительную высоту склона, его морфологию и ориентировку, наличие проявлений оползневых процессов;
- гидрогеологические условия и климат - температура и атмосферные осадки (влияющие, в т.ч. на выветрелость), включая их сезонные флуктуации, наличие ММП, фильтрационный поток подземных вод и его гидродинамическое воздействие;
- растительность, воздействие которой может быть как положительным (влияние на действие климатических факторов (сомкнутая растительность снижает негативное воздействие ливневых осадков, способствует эвапотранспирации, снижающей увлажнение грунтов), повышение устойчивости за счет корневой системы), так и отрицательным (передача корневой системой ветровых нагрузок, нарушение покрова грунтов при падении деревьев).

II. Факторы, производящие неблагоприятные изменения в условиях, изменяя напряженное состояние склона, включая:

- медленные изменения – в результате подъема подземных вод, развития эрозионных процессов в основании склона
- сезонные изменения, например, в результате флуктуации уровня подземных вод, в т.ч. взвешивающий эффект;
- быстрые изменения – сейсмические воздействия, строительная или сельскохозяйственная деятельность, изменения уровня в результате резкой сработки водохранилища, а также оползневые смещения.

III. Факторы, снижающие прочностные характеристики материала, слагающего склон, в т.ч.:

- медленные изменения – развития процессов выветривания, размягчение грунтов при увлажнении, морозобойное или тепловое растрескивание, выщелачивание и вынос цемента;
- быстрые изменения – в результате действий человека, потери растительного покрова (при пожарах или лесозаготовках), резкое обводнение при нижележащих горизонтах при оползневых смещениях.

Предложенная Д.Д. Варнесом группировка факторов развития оползневых процессов, в целом, корреспондируется с подходами, развивавшимися в отечественной инженерной геологии, в первую очередь, с идеями Г.С. Золотарева. Вместе с тем, имеются и определенные различия. В частности, в отечественной инженерной геологии роль растительности в обеспечении устойчивости склонов рассматривается, во многих случаях, как второстепенный фактор.

В 2006 г. Г.Ш. Ниметулаева сделала попытку совместить несколько существующих

подходов к группировке факторов, влияющих на формирование и активизацию оползневых процессов [213]. Однако, составленная Г.Ш. Ниметулаевой «Сводная таблица основных групп факторов» (табл. 1.2) дальнейшего развития и практического применения не получила.

Таблица 1.2.

Сводная таблица основных групп факторов (по Г.Ш. Ниметулаевой)

Внешние		Внутренние	
Быстро изменяющиеся	Медленно изменяющиеся	Постоянные	
Создающие среду развития оползневых процессов	Изменяющие состояние и свойства грунтов склона	Изменяющие величину сдвигающих сил	
Медленные	Периодические	Вызванные деятельностью человека	
Вызывающие обратимые изменения условий склона		Вызывающие необратимые изменения условий склона	

В последние годы, работы, в которых проводится анализ факторов развития оползневых процессов, могут быть разделены на три группы:

1. Исследования, опирающиеся на существующие теоретические подходы;
2. Работы, в которых анализ факторов проводится комплексно, с использованием существующих теоретических наработок, но выполняемый на примерах отдельных регионов;
3. Исследования, рассматривающие роль отдельных факторов.

К первой группе относятся работы С.И. Мация и Е.В. Безугловой, О.В. Зеркаля и А.В. Ершовой, В.В. Пендина и И.К. Фоменко [93, 190, 239]. Примерами работ второй группы являются исследования С.Н. Шаталина - для оползней Северного Причерноморья, Р.А. Гакаева – для оползневых процессов Северо-Восточного Кавказа, А.В. Шитова с соавторами – для Горного Алтая, А.С. Шешнёва – для оползней на территории г. Саратова, Ч.К. Нгуена с соавторами – для района Лаокай (Вьетнам), В.Б. Зыонга с соавторами – для района Шапа (Вьетнам) и другие [51, 123, 206, 340, 348, 349]. Работы, которые могут быть отнесены к третьей группе, наиболее многочисленны и посвящены рассмотрению роли как природных факторов – климатических [2, 53, 183, 185 и др.], сейсмических [5, 131, 257, 265 и др.], гидрогеологических [350], так и техногенных факторов образования и активизации оползней [15, 37, 52, 132, 168 и др.].

Отдельным важным направлением в изучении формирования и распространения оползневых и других склоновых процессов является выявление пространственных закономерностей развития оползней с представлением полученных результатов в картографической форме в виде районирования территории, подверженной развитию оползней. Как уже было отмечено, одна из первых карт районирования территории по устойчивости

склонов на основе выявления и анализа факторов, определяющих развитие склоновых деформаций, была составлена Б.И. Айзиным [3].

В 1963 г. Н.И. Николаевым и И.В. Поповым была опубликована первая «Схематическая карта районов распространения геологических явлений на территории Европейской части СССР и Кавказа» (включая оползневые), составленная в 1951 г. на основе анализа ареалов распространения проявлений тех или иных геологических процессов [212]. Таким образом, карта, составленная Н.И. Николаевым и И.В. Поповым, по существу представляет собой картографическое отображение накопленного эмпирического материала по изучению регионального распространения геологических явлений.

В 1978 г. специалисты Геологической службы США составили "Обзорная карта оползней США" в масштабе 1 : 7 500 000, на которой отображаются территории распространения склоновых процессов с ранжированием по степени пораженности [616]. В качестве факторов, оказывающих влияние на развитие оползней, используется физико-географическое районирование, распределение годовых сумм осадков и границы максимального плейстоценового оледенения. Позднее, в 2012 г. для составления "Карты оползневой опасности США" предлагается также учитывать геоморфологические условия [521].

С 1972 г. (вторая фаза – с 1982 г.) во Франции начинаются работы по проекту ZERMOS (Программа "Изучение зон, подверженных опасности смещения грунтов" [9]), в рамках которого предусматривалось, в частности, построения карт опасности развития оползней на основе оценки серии факторов, влияющих на устойчивость склонов. Базовый принцип, принятый при реализации проекта ZERMOS, основывался на воззрениях о том, что для территорий, где произошла потеря устойчивости склонами в прошлом, сильна вероятность того, что она повторно произойдет и в будущем [412]. В составе "решающих факторов", оказывающих влияние на устойчивость склонов, в проекте ZERMOS были приняты:

- топографические условия;
- геологические условия и структурные особенности геологического строения;
- изменчивость климатических условий;
- человеческая деятельность.

В 1982 г. М.В. Чуриновым, И.М. Цыпиной и В.П. Лазаревой в составе "Атласа гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР" в масштабе 1 : 7 500 000 была составлена "Карта современных геологических процессов и условий их развития на территории СССР", включая гравитационные процессы. В качестве основных факторов для выделения территориальных единиц авторы принимают тектонический режим, геоморфологические условия, геологические формации, наличие/отсутствие многолетнемерзлых пород и степень

увлажнения территории.

В 1983 г. В.В. Кюнтцель, Н.С. Сергеева, Г.И. Тарасова в масштабе 1 : 2 500 000 составили "Карту распространения оползней на территории Европейской части СССР и Кавказа", на которой дается типизация рассматриваемой территории по степени подверженности оползневым процессам с учетом механизма их развития в увязке с возрастом вовлекаемых в смещения отложений. Также как и "Схематическая карта...", составленная Н.И. Николаевым и И.В. Поповым, "Карта ...", представленная В.В. Кюнтцелем с соавторами, представляет собой картографическое отображение накопленного эмпирического материала по изучению регионального распространения оползней.

В 2000 г. под редакцией А.И. Шеко выходит "Карта экзогенных геологических процессов России", составленная в масштабе 1 : 2 500 000 [138]. Районирование (выделение территориальных таксонов) было выполнено на основе учета (в матричной форме) тектонических (на основе тектонической схемы А.А. Богданова, 1964) и геоморфологических условий (вводимых последовательно по вертикали матрицы) и инженерно-геологических групп грунтов с учетом их увлажнения и наличия ММП (вводимых по горизонтали матрицы). В основу проведенного районирования была положена идея, что "основные условия развития ЭГП - горные породы, рельеф и тектоника - являются также критериями классического инженерно-геологического районирования территории, разработанного И.В. Поповым" [194. с. 9]. В рамках этого подхода принималось, что границы распространения комплексов ЭГП, их состав соответствуют границам таксонов инженерно-геологического районирования. Информация о типах ЭГП, в т.ч. гравитационных процессов, в пределах таксона, сведения об их интенсивности приводится дополнительно на основе анализа ареалов развития тех или иных типов геологических процессов. В итоге, в качестве факторов, влияющих на активность экзогенных геологических процессов, при построении "Карты ...", были приняты тектонический режим территории (поднятие/опускание), установившийся с плиоцена, глубина залегания подземных вод и сезонного протаивания (для регионов развития ММП).

Сходный подход, основанный на представлениях о том, что активность оползневых процессов увязывается с таксонами инженерно-геологического районирования, используется, начиная с 2005 г., при обобщении (в виде "Карты активности оползневого процесса на территории Российской Федерации в ... г." масштаба 1 : 20 000 000) результатов мониторинга оползней в составе Государственного мониторинга состояния недр [130]. В качестве ведущего фактора при этом используется привязка ареалов активности оползней к тектоническим структурам (на основе тектонической схемы А.А.Богданова, 1964) и морфоструктурам.

В 2009 г. для территории Франции в масштабе 1 : 1 000 000 представляется "Карта оползневой восприимчивости" [646]. В качестве основных факторов развития оползневых и

других склоновых процессов при составлении авторы названной карты принимают геоморфологические условия, выраженные через градиенты склонов, геологические условия, учитываемые через рассмотрение типов грунтов, и характер растительности, покрывающей территорию. Выделение и характеристика таксонов проводилось с учетом фактического развития оползней.

В 2010 г. завершаются работы по проекту инвентаризации оползней в Италии (Italian Landslide Inventory (IFFI) Project), позволивший собрать информацию о более чем 480 тыс. оползней на территории этой страны [835]. В рамках работ в масштабе 1 : 500 000 была составлена "Карта распределения оползневого индекса" ($LI = \text{площадь, занятая оползнями} / \text{общая площадь} * 100$), рассчитанного по регулярной сетке 1 км * 1 км. При построении «Карты...» учитывались оползни площадью свыше 10 тыс. м². Среди факторов, влияющих на пораженность территории оползнями, были проанализированы роль литологии горных пород, в первую очередь, области распространения глин и мергелей, и геоморфологические условия.

Также в 2010 г. О.Н. Круткиной с соавторами была составлена "Карта геологических опасностей Российской части Кавказа" масштаба 1 : 1 000 000, рассматривающая в т.ч. оценку оползневой опасности [158]. Анализ оползневой опасности основывался исключительно на рассмотрении существующей пораженности территории оползневыми процессами, т.е. представлял собой отображение ранжированного накопленного эмпирического материала по изучению распространения оползней в Кавказском регионе.

В 2011 г. на II Всемирном оползневом форуме была представлена "Карта оползневой восприимчивости Канады", составленная в масштабе 1 : 6 000 000 [471]. "Карта..." была составлена с учетом следующих факторов:

- геоморфологические условия (уклоны склонов и их ориентировка);
- климатические условия (значение среднегодовых сумм осадков);
- геокриологические условия (тип распространения ММП);
- тектонические (тектонические провинции, с позиции распространения горных пород) и геологические условия (генезис и состав грунтов, залегающих первыми от поверхности);
- ландшафтные условия;
- гидрологические условия (удаленность от рек, берегов морей и озер).

В 2012 г. специалистами ВСЕГИНГЕО (В.С. Круподеров, Б.М. Крестин, И.В. Мальнева и др.) в масштабе 1 : 2 500 000 была составлена "Карта оценки интенсивности проявления современных геологических процессов и геологических опасностей освоения территории Российской Федерации", на которой также представляется информация о проявлениях оползней [157]. При построении карты авторами учитывались следующие природные условия, определяющие развитие экзогенных геологических, в т.ч. оползневых, процессов [157]:

- тектонические условия (структуры выделялись по тектонической схеме А.А. Богданова, 1964), сейсмичность, современные вертикальные движения земной коры);
- геоморфологические условия (морфоструктуры и высотные пояса, крупные долины рек, с учетом крутизны и расчлененности рельефа);
- геолого-литологические условия (генезис и состав горных пород, обуславливающие определенные физико-механические свойства);
- степень увлажненности территории;
- геокриологические условия (распространение многолетнемерзлых пород и глубина промерзания).

Информация о типах ЭП, в т.ч. гравитационных процессов, сведения об их интенсивности приводится дополнительно на основе анализа ареалов развития тех или иных типов геологических процессов, выраженных через показатели пораженности.

В 2012 г. была опубликована "Карта селевой и оползневой опасности и анализа риска в Китае", составленная в масштабе 1 : 6 000 000 [637]. Оценка опасности развития оползней при составлении указанной "Карты..." наследовалась с более ранней "Карты районирования распределения оползней в Китае", подготовленной в 1991 г. [909]. При построении этой карты в качестве факторов, влияющих на распределение оползней, принимались геологические и геоморфологические условия, а также учитывалась роль эрозионной сети.

В 2012 г. большим коллективом авторов была опубликована "Карта геоопасности Балкан", составленная в масштабе 1 : 1 000 000, которая содержит, наряду с оценкой различных геологических опасностей (сейсмического воздействия, разжижения грунтов, эрозии, абразии и др.), анализ опасности развития оползней и обвалов, проводившийся на основе анализа ареалов распространения и частотного проявления склоновых процессов [689].

В 2013 г. Н. Сабатакакис с соавторами представил результаты районирования территории Греции в отношении возможности развития оползневых процессов, выполненное в масштабе 1 : 500 000 [758]. При выполнении региональной оценки индекса частоты оползней, определяемого как количество оползней на 100 км², в качестве факторов, "контролирующих" развитие склоновых процессов, анализировались:

- литология горных пород;
- геоморфологические условия (относительные высоты склонов и их уклоны);
- плотность эрозионной сети;
- климатические условия (тип климата и среднемноголетнее количество осадков);
- сейсмичность территории;
- характер растительности, в т.ч. с учетом антропогенного влияния;
- интенсивность хозяйственного освоения, в т.ч. плотность дорожной сети и плотность

населения.

Зонирование территории проводилось с использованием факторного анализа.

В 2012-2014 г.г. большой коллектив авторов (К. Жейдик, М. ван ден Икхот, Ф. Надим и др.) представил результаты региональной оценки оползневой опасности на Европейском субконтиненте (от атлантического побережья до Урала и Кавказа), выполнявшиеся в рамках европейского проекта EU-FP7 "SafeLand" [585, 844]. В качестве факторов, оказывающих влияние на развитие оползневых процессов, были приняты:

- топографические условия (уклоны склонов);
- литолого-стратиграфические комплексы горных пород;
- ландшафтные условия (преимущественно тип растительности);
- климатические условия (максимальные среднегодовые величины месячных сумм осадков, экстремальные осадки);
- сейсмичности (сейсмическое ускорение).

Два последних фактора рассматривались как триггерные факторы.

Для проведения регионального анализа были использованы две модели – модель Международного центра геоопасностей (ICG model), основанную на идеи «глобального анализа горячей точки», предложенную Ф. Надимом с соавторами, заключающуюся в оценке влияния факторов оползнеобразования, роль каждого из которых ранжируется экспертно, и модели Объединенного исследовательского центра (JRC model), в основе которой лежит выполнение регрессионного анализа с учетом вклада (веса) каждого из факторов [692, 844]. На итоговых картах было представлено зонирование территории Европы по оползневой опасности в результате воздействия двух различных триггерных факторов - атмосферных осадков и сейсмичности.

В этот же период, в рамках Стратегии ЕС по защите почв (EU Thematic Strategy for Soil Protection) проводятся работы по составлению "Европейской карты оползневой восприимчивости" (European landslide susceptibility map (ELSUS 1000)) [531]. Особенностью этих работ является учет, наряду с топографическими условиями (уклоны склонов), литологией горных пород и ландшафтными условиями, данных климато-физико-географического районирования, как результата синтеза материалов дифференцирования климатических условий по Кёппену (Köppen) с морфологической типизацией территории (береговые зоны, равнины, горы). В дальнейшем, выполняются работы по детализации "Европейской карты оползневой восприимчивости" (European landslide susceptibility map (ELSUS V2)) [877].

В 2018 г. под руководством Ч. Тана и Ц. ван Вестена завершаются работы по составлению "Атласа геоопасностей Венчуаньского землетрясения", в т.ч. включающего анализ начальных условий развития более 7200 сейсмогенных и пост-сейсмогенных оползней в

эпицентральной зоне землетрясения и на прилегающих территориях [370]. Проведенный анализ включал оценку следующих факторов, предопределивших развитие оползневых процессов, помимо интенсивности сейсмического воздействия:

- плотность речной сети;
- уклоны склонов;
- состав горных пород;
- удаленность от зон разломов.

Районирование территории проводилось с использованием регрессионного анализа с учетом вклада (веса) каждого из факторов.

Помимо обзорных или мелкомасштабных карт, анализировавших пространственные закономерности развития оползней на территории значительных частей континентов, отдельных государств или очень крупных регионов с достаточно контрастными условиями формирования оползневых и других склоновых процессов, также проводится активное изучение закономерностей и интенсивности оползневых процессов, их прогнозирования с учетом факторов их развития в пределах отдельных регионов или крупных территорий, выполняемое, как правило, в средних масштабах (1 : 100 000 - 1 : 200 000, реже 1 : 500 000). При этом, во многих таких работах (с составлением среднемасштабных карт) анализ закономерности развития оползней ограничивался отображением исключительно накопленного эмпирического материала, представляемого в виде ареалов развития тех или иных типов склоновых процессов, выраженных через показатели либо пораженности (как отношения площади, занятой оползнями к общей площади участка), либо плотности оползней (количество оползней на единицу площади).

В рамках среднемасштабных исследований, в составе которых анализ закономерности развития оползней проводился с учетом факторов, определяющих формирование и активность оползневых процессов (с показом на составляемых картографических материалах в качестве аналитических признаков районирования), набор рассматриваемых факторов существенно варьирует. В.С. Федоренко, С.М. Винниченко с соавторами для отдельных территории Таджикистана (бассейн р. Зеравшан, Таджикская депрессия, Памир), Л.Л. Козловский с соавторами для горной части Северного Кавказа, Н.Н. Новик с соавторами для района Феодосии и Алушкинского-Симеизского района в Крыму считали достаточным при анализе факторов, определяющих закономерностей формирования и развития оползней, рассмотрение роли стратиграфо-генетических комплексов и разломной тектоники [43, 217, 227, 313, 314]. Э. Ньюмен с соавторами, Э. Брэбб, изучая закономерностей развития оползней в Сан-Франциско (Калифорния, США), также отметили значение состава литологических комплексов в образовании оползней, учитывая этот фактор наряду с крутизной склонов [31, 695]. Однако,

разломная тектоника в состав анализируемых факторов, контролирующих оползнеобразование, в названных работах не вошла. Ж. Гинойоз и К. Леон, анализируя (на основе картографического анализа) закономерностей развития оползней на территории Испании, в качестве факторов, влияющих на потерю устойчивости склонов, рассматривают геологические условия (возраст, структура и состав формаций, вовлеченных в деформации), геоморфологические условия (тип рельефа и его градиент), гидрогеологические условия, а также влияние эрозионных процессов [568]. Близкий полный набор факторов оползнеобразования также предлагал оценивать Г.С. Золотарев с соавторами. Рассматривая методику среднемасштабного изучения гравитационных явлений на горных склонах Г.С. Золотарев в качестве факторов, определяющих условия развития склоновых деформаций, уделял внимание следующим факторам [119, 192]:

- геоморфологические условия;
- стратиграфо-генетические комплексы, слагающие склоны;
- структурно-тектонические условия, включая разломную тектонику.

Вместе с тем, начиная с 70^х г.г. XX в., в изучение пространственных закономерностей развития оползней с представлением полученных результатов в картографической форме (для средне- и крупномасштабных оценок) внедряются количественные методы проведения анализа. В отечественной практике одними из первых работ, в которой использовались количественные методы для изучения пространственных закономерностей развития оползней, являются исследования В.К. Кучая с соавторами, выполненные для территорий северного склона хр. Петра I и северного борта Гиссарской долины (Таджикистан) [165, 166], работа Г.Л. Круковского, выполнившего пространственный анализ и прогнозирование склоновых процессов в Чаткало-Кураминской зоне (Узбекистан) [156]. В начале 70^х г.г. XX в. коллективом специалистов ВСЕГИНГЕО (К.А. Гулакян, В.В. Кюнтцель, Г.П. Постоев) разрабатывается метод геодинамического потенциала (другое наименование - метод оползневого потенциала), в рамках которого оценка закономерностей развития оползней количественно оценивалась с учетом серии факторов, включавших [70, 71]:

- литологию горных пород;
- густоту тектонических нарушений;
- крутизну склонов;
- густоту эрозионной сети;
- годовые суммы осадков;
- техногенное воздействие.

Следует отметить, что метод геодинамического потенциала не потерял своего значения до настоящего времени и в различных модификациях по-прежнему находит свое применение в

отечественных работах [27, 144, 162, 198, 239, 299 и др.].

В начале 80^х г.г. XX в. с использованием статистического анализа оползневых факторов с учетом весов учитываемых признаков была выполнена оценка развития оползней в долине р. Печоры. Весь набор проанализированных факторов был разделен на три группы. Первая группа объединяла факторы, характеризовавшие состав и состояние грунтов первого от поверхности стратиграфо-генетического комплекса (влажность, пластичность, прочностные характеристики, УГВ), во вторую группу вошли факторы, описывающие фактическое развитие оползней (пораженность, глубина захвата), а третья группа включала в себя характеристику неотектонических, геоморфологических (горизонтальная расчлененность и градиент рельефа) и ландшафтных (залесенность, заболоченность) условий территории.

За более полувековой период было разработано множество разнообразных подходов составления карт, характеризующих развитие оползневых процессов с использованием количественных методов (рис. 1.1). Вместе с тем, особенности требований, более широкие возможности, представляемые методами количественной оценки информации при составлении картографических материалов, послужили толчком для уточнения и пересмотра представлений о наборе факторах, влияющих на формирование и развитие оползней, требующих учета при анализе закономерностей их регионального развития. Относительная простота обработки значительных объемов данных привела к включению в состав набора анализируемых факторов значительно более широкого спектра оцениваемых характеристик, играющих ту или иную роль в формировании оползней. При этом, в ряде работ по-прежнему сохраняется подход, базирующийся на ранее разработанных теоретических воззрениях о роли того или иного фактора на развитие оползней, включающий их группировку. К таким работам, в частности, относятся исследования, проводимые Ф. Деом с соавторами, Ц. Ван Вестеном с соавторами и Ж. Короминасом с соавторами.

Ф. Дей с соавторами, вслед за В. Ву, подразделяет факторы на [453, 454, 880]:

- предварительные, формирующие предрасположенность склонов к деформациям, включающие литологию горных пород, геоморфологические условия (градиент склона и его ориентировку, перепад высот), геотехнические свойства грунтов и их выветрелость, растительный покров, дистанцию до существующей эрозионной сети;

- триггерные, действие которых приводит к потере устойчивости склонами, включающие интенсивные осадки и землетрясения.

Ц. Ван Вестен с соавторами, наследуя подходы Ф. Дея, также выделяет две группы факторов, которые необходимо рассматривать совместно с анализом распространенности и активности оползней [846]:

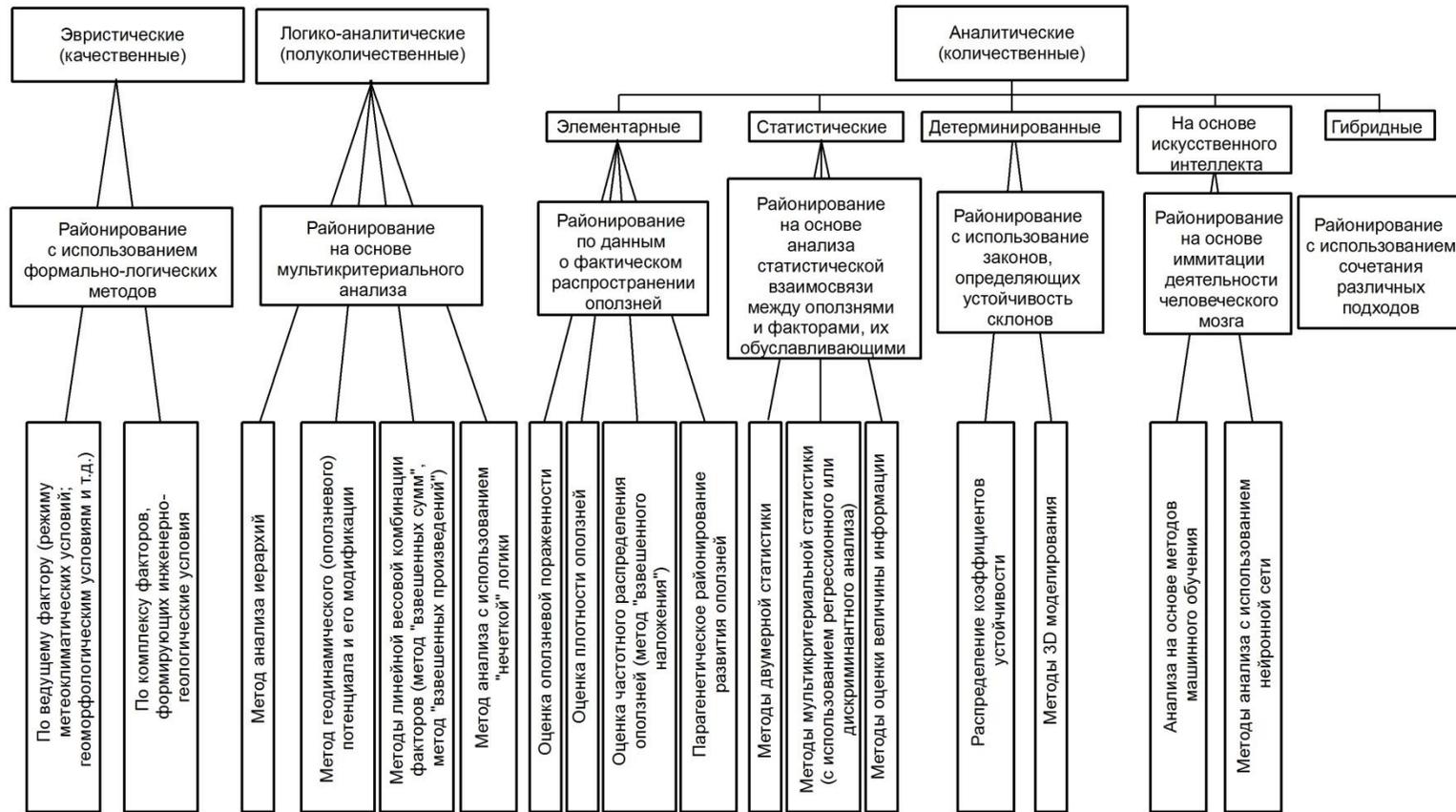


Рис. 1.1. Методы изучения региональных закономерностей развития оползневых процессов (сост. О.В. Зеркаль)

I. Факторы среды, включающие:

- топографические (=геоморфологические) условия - уклоны и ориентировка склонов, их морфология, гомогенность рельефа;
- геологические условия - литология, структурные особенности и мощность грунтов, их выветрелость, раздробленность, геотехнические характеристики, водонасыщенность, плотность (удаленность) тектонических нарушений;
- гидрологические условия - плотность эрозионная сеть, направление стока;
- характер землепользования, растительность, плотность (удаленность) транспортной инфраструктуры, строительная освоенности территории;

II. Триггерные факторы, в которые входят:

- гидрометеорологические условия - ливневые осадки, температуры, интенсивность эвапотранспирации
- сейсмичность, характеризуемая интенсивностью сейсмических ускорений.

Ж. Короминас с соавторами в рамках разработанных рекомендаций по количественному анализу оползневому риску тоже выделяет две группы факторов, контролирующих развитие оползней [431]:

I. Продолжительно действующие факторы

- топографические условия - относительные высоты склонов, их уклоны, ориентировка, морфология, направление поверхностного стока;
- геоморфологические условия – тип рельефа (альпинотипный, гляциальный, перигляциальный, денудационный, прибрежный, тропический и т.д.);
- геологические условия - типы горных пород и грунтов, их условия залегания (относительно склонов), выветрелость, раздробленность, пористость, геотехнические свойства грунтов, расстояние до разломов;
- гидрологические и гидрогеологические условия - уровни подземных вод и их временные вариации, водонасыщенность горных пород, инфильтрация и эвапотранспирация на склонах, плотность эрозионной сети;
- климатические условия – режим изменчивости температур и осадков, характер снеготаяния, наличие ММП, интенсивность промерзания/протаивания;
- геодинамические условия - наличие тектонических разломов, механизм подвижек и их удаленность, вулканизм (тип извержений, высота и состав вулканических построек), наличие ранее сформировавшихся проявлений оползневых процессов (старые оползни), в т.ч. сейсмогенных и вулканогенных;
- землепользование и антропогенная деятельность - тип освоенности, растительный покров, техногенная нагрузка, плотность (удаленность) транспортной инфраструктуры,

плотность (удаленность) дренажной сети и др.

II. Триггерные факторы

- изменение уклонов склонов;
- резкие изменения или вариации УГВ и увлажнения грунтов;
- метеоклиматические воздействия - частота, интенсивность и продолжительность осадков, резкие колебания температуры (в т.ч. резкие переходы через 0°C);
- геодинамические воздействия - сейсмичность территории (частота и интенсивность землетрясений), подвижки по разломам, вулканические извержения;
- изменения типа землепользования и временная изменчивость техногенной нагрузки.

Как видно из представленной группировки факторов, часть их них при анализе может рассматриваться и как длительно действующие, так и выступать в качестве триггерных при резких изменениях характеристик.

Вместе с тем, начиная с середины 90^х г.г. XX в. в работах по региональному изучению закономерностей развития оползней начала проявляться тенденция к упрощению методов подготовки данных при проведении анализа. Это выразилось в рассмотрении факторов, влияющих на формирование, развитие оползней в общей, единой совокупности, без деления по их значимости, характеру, роли в образовании оползней. При этом авторы работ ориентируются, полагаются исключительно на результаты математического, количественного анализа по ранжированию действующих факторов. Наиболее ярко это было показано в обзорной работе П. Рейчинбах с соавторами, проанализировавших 565 публикаций, включенных в наукометрическую базу данных "Web of Science", посвященных количественной картографической оценке развития оползней [745]. По результатам проведенных обобщений П. Рейчинбах с соавторами перечисляют следующие факторы развития оползней и оценивают их учет (в %, рис. 1.2) при изучении регионального развития оползней количественными методами:

- геоморфологические условия – характер склонов, их ориентировка, кривизна склонов, перепад высот, другие морфометрические характеристики склонов;
- геологические условия – литология горных пород, удаленность от разломов, другие геоструктурные особенности;
- гидрологические условия – дренированность территории, удаленность от русел рек;
- метеоклиматические условия – осадки, другие климатические воздействия;
- геотехнические условия – типы грунтов, геотехнические свойства грунтов;
- техногенное воздействие - характер землепользования, удаленность от дорожной сети, наличие древесной растительности, другие типы техногенной нагрузки;
- геодинамические условия – сейсмичность, наличие ранее образовавшихся оползней;

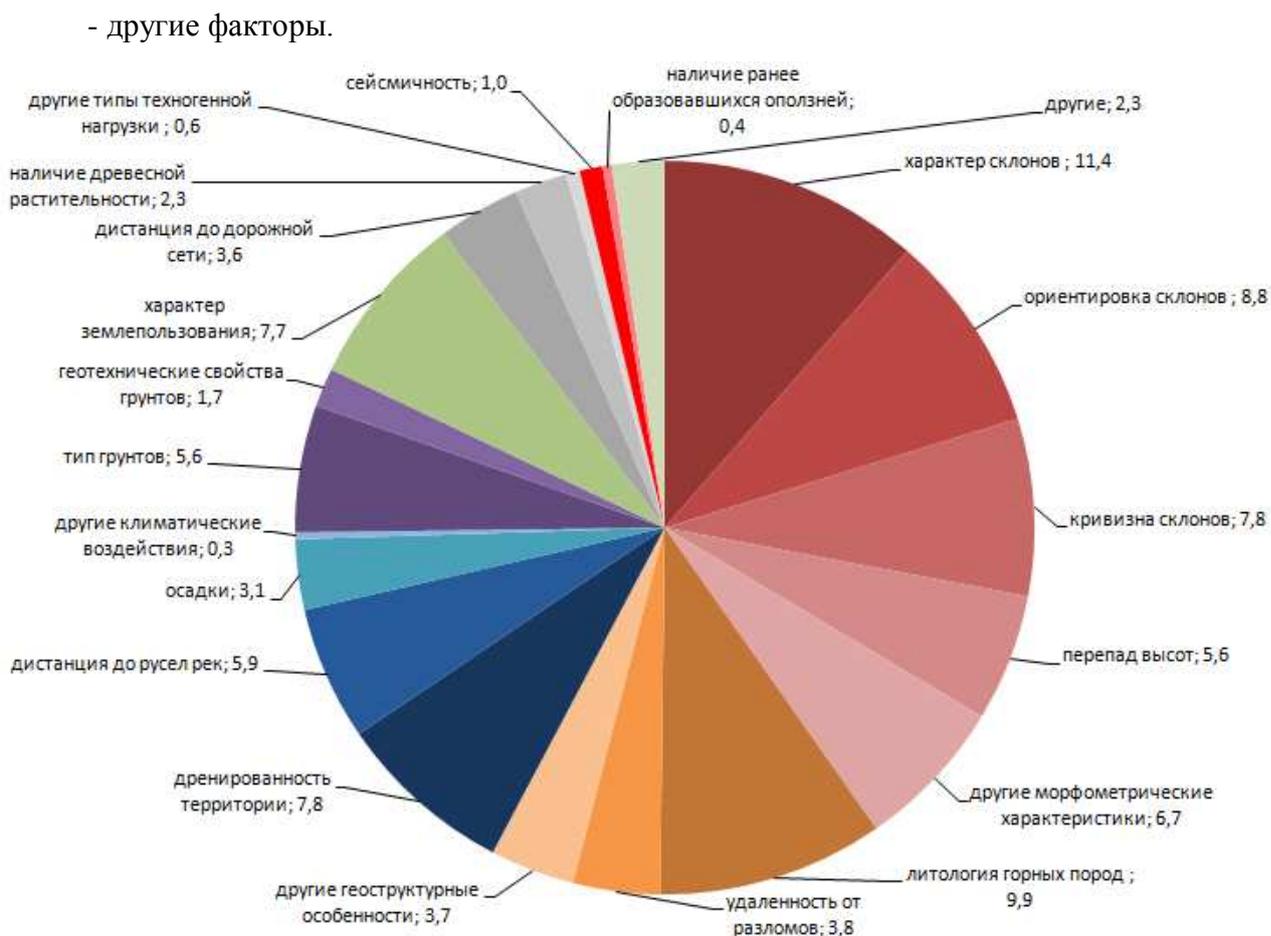


Рис. 1.2. Факторы, рассматриваемые при картографической оценке формирования оползней и их учет при изучении регионального развития оползней (по П. Рейчинбах [745], с изменениями).

В тренде развития такого подхода – использование большого, разнообразного набора факторов, оценкой их роли в образовании оползней в процессе анализа – был метод, примененный Д.А. Шамурзаевой с соавторами при анализе развития оползневых процессов на территории Республики Дагестан [336, 337]. Д.А. Шамурзаевой с соавторами был проанализирован вклад в формирование оползней 27 факторов, включая как традиционно используемые показатели (уклоны поверхности, литология отложений, густота речной сети, годовое количество осадков, сейсмичность и др.), так и ранее не используемые показатели как тип почв (помимо литологической характеристики грунтов) и сельскохозяйственная освоенность территории, выраженная в стоимости удельной продуктивности (тыс. руб./км²).

В последние годы в отечественной практике активно выполняются работы по региональному изучению закономерностей развития оползней как с использованием эвристических (формально-логических) [11, 275, 342] и полуколичественных (логико-аналитических) методов [144, 160, 162, 198], так и с применением количественных методов

анализа [4, 22, 45, 177, 284].

Подводя итог рассмотрению существующих подходов к изучению региональных закономерностей развития и распространения оползневых и других геологических склоновых процессов можно отметить, что в основе таких исследований лежит как оценка накопленного эмпирического материала по изучению фактического распространения оползней, так и анализ, районирование/типизация/зонирование территорий с целью прогнозирования или оценки опасности (т.е. прогнозирования без привязки к времени) по набору факторов, оказывающих влияние на формирование, активизацию оползней. В целом, можно отметить, что за период, начиная с 70^х гг. XX в., в рамках интенсивно проводимых исследований региональных закономерностей развития и распространения оползней выработался определенный консенсус относительно группировки и состава факторов, требующих анализа. В разработанных теоретических представлениях в составе факторов, влияющих на образование оползней, выделяется две основные группы факторов:

- группа факторов, формирующих среду/условия развития оползней (существующие геоморфологические, геологические, метеорологические и гидрологические условия, интенсивность техногенной освоенности территории), которые могут подразделяться по времени своего действия (длительно существующие, медленно- или быстроизменяющиеся), что важно для обоснования систем мониторинга;

- группа факторов, определяемых как триггерные факторы, непосредственно влияющих на собственно потерю устойчивости склонами или активизацию существующих оползней (сейсмическое или вулканическое воздействие, интенсивные (или аномальные) климатические явления, техногенное воздействие).

При этом, необходимо подчеркнуть, что среди факторов, формирующих среду/условия развития оползней, практически не учитывается роль современных, неотектонических условий, ограничиваясь учетом наличия (плотностью, удаленностью) разломов. Лишь только в отдельных отечественных и единичных зарубежных работах анализирует вклад региональных тектонических условий, рассматриваемых с позиции времени завершения складчатости.

Отдельно, в заключение проведенного в рамках диссертационного исследования рассмотрения существующих подходов к изучению закономерностей развития и распространения оползневых и других склоновых процессов, следует отметить, что на современном этапе развития инженерной геологии активно проводится осмысление накопленных знаний, формулируются обобщающие законы как инженерной геологии в целом, так и инженерной геодинамике как одного из направлений в инженерной геологии [28, 30, 305, 306, 310 и др.]. В инженерной геодинамике такие законы предлагались Г.К. Бондариком, И.В. Дудлером, В.Д. Ломтадзе, В.А. Королевым и др. В.Т. Трофимов предложил формулировку

общего закона инженерной геодинамики, которая в расширенном варианте звучит следующим образом [306, с. 109]:

"морфология, механизм и масштаб современных природных и антропогенных геологических (инженерно-геологических) процессов определяются инженерно-геологическими особенностями верхних горизонтов литосферы, их современным пространственным (координатным) положением, контролирующим тектонический режим и климатические условия, а на освоенных территориях – и характером техногенного воздействия".

1.3. Выводы по главе 1.

Проведенный в главе 1 обзор результатов изучения оползневых процессов позволяет сделать следующие выводы:

1. Описание и изучение оползневых процессов проводится длительное время. Научный этап геологического изучения оползней начинается с конца XVIII в. Зарождение отечественного оползневедения относится к началу XX столетия. В первой четверти XX столетия "оползневедение" оформляется в одно из самостоятельных научных направлений исследований в составе инженерной геодинамики, как одной из составляющих инженерной геологии. Начало современного этапа в изучении оползневых процессов следует отсчитывать с середины 80^х г.г. XX в. В настоящее время оползневые и другие геологические склоновые процессы являются одними из ведущих объектов изучения в инженерной геодинамике.

2. За прошедшее время было выработано понимание сложности изучения таких динамичных геологических объектов как оползни и другие склоновые процессы, характеризующиеся значительной изменчивостью как в пространстве, так и во времени (геологическом и физическом), для познания природы которых традиционные, "классические" методы, используемые в геологии, в целом, и в инженерной геологии, в частности, не всегда применимы.

3. Одним из существенных результатов длительных исследований оползневых и других склоновых процессов стала выработка представлений об оползнях как явлениях, развивающихся в геологической среде под влиянием внешних воздействий (природных и техногенных). Использование этих представлений при региональном изучении оползневых процессов позволяет более обосновано проводить картирования и специальное районирование склоновых процессов, повышать достоверность прогнозных оценок. Значимым итогом изучения оползневых процессов являются представления о механизмах развития смещений, их стадийности и типах.

4. Основными объектами при исследовании закономерностей развития оползней

выступают:

- потенциально неустойчивые участки склонов;
- проявления геологических процессов, геологические явления, развивающиеся на склонах под влиянием действия силы тяжести;
- геологические тела, формирующиеся при развитии деформаций склонов;
- районы распространения оползневых процессов (при изучении региональных закономерностей развития и активизации оползневых процессов).

5. При изучении и анализе региональных закономерностей развития и активизации оползневых процессов важнейшим этапом исследований является выбор основных факторов, влияющих на устойчивость склонов, требующих учета и оценки.

6. Результатом осмысления накопленных знаний о закономерностях развития природных и антропогенных геологических (инженерно-геологических) процессов стала формулировка общего закона инженерной геодинамики.

ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ И ДРУГИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ КАК ОБЪЕКТОВ ИЗУЧЕНИЯ

2.1. Методологические аспекты проводимого исследования

"Методология – учение о приемах и методах любого научного исследования, принципах построения, формах и способах познавательной деятельности" [326, с. 229]. Арсенал методов геологических исследований в целом, и инженерно-геологических работ, в частности, огромен и непрерывно расширяется, что требует выработки обоснованных подходов к выбору тех или иных методов, которые должны привлекаться к постановке и решению геологических задач [69]. Широкий интерес к методологическим исследованиям в геологии формируется в 70^е годы XX столетия, являясь, в некотором роде, следствием внедрения математических методов исследований в геологию. Вместе с тем, любые научные исследования новой ориентации сами требуют анализа. С.А. Мороз и В.И. Оноприенко отмечали, что в современных условиях методологический анализ "как способ самосознания науки становится необходимым условием ее прогресса" [201, с. 11].

Многообразие форм существования эмпирического и теоретического знания (факты, эмпирические закономерности, теории и т.д.), методов его получения (отдельные методы, методологические установки и т.д.) представляют на современном этапе фундаментальную характеристику науки [315]. "Полиморфизм" науки обусловлен не только реальным многообразием действительности, но также и различным гносеологическим статусом всего научного инструментария, эффективность которого проявляется по-разному в различных познавательных ситуациях.

В настоящее время принято считать, что методология как целостное учение о методах познания характеризуется многоуровненностью [270]. При этом аспекты и уровни методологии зачастую перекрещиваются, взаимодействуя, проникают друг в друга [159]. Исследования природных, в т.ч. геологических объектов, в соответствии с существующей научной концепцией методологии проводятся на трех основных уровнях [69, 159, 303, 315]:

- философской методологии (философские основы методологии), включающей общие принципы познания и категориальный строй науки в целом, мировоззренческую интерпретацию результатов исследований;

- общие естественнонаучные методологические принципы и методы исследований, нацеленные на выработку "геологической картины мира", обосновывающие методические подходы к решению поставленных научных задач (по В.В. Грузе - необходимое и достаточное условие постановки конкретно-научных исследований познания тех особенностей

окружающего мира, которые отражаются в принимаемой его картине);

- специально-научные (по И.В. Крутю) или конкретно-научные (по В.В. Грузе) методологии, анализирующие методологические подходы, методы и принципы исследований (например, применяемые при изучении инженерно-геологических условий, инженерно-геологических объектов разного уровня - от инженерно-геологических структур, проявлений геологических процессов до отдельных элементов оползневых тел или компонентов грунтов).

И.В. Круть указывает, что специально-научный уровень методологии является многоступенчатым – от междисциплинарных общих теорий до частных методик [159]. В.В. Груза считает, что уровень методик и техники исследований, рассматривающий конкретные приемы и способы получения, обработки, анализа, интерпретации и представления данных формирует самостоятельный (четвертый) уровень методологических исследований, который следует выделять дополнительно [69].

С. Пайкет с соавторами, выполнив детальный анализ подходов к разработке методологии, на уровне, соответствующем специально-научной (по И.В. Крутю) или конкретно-научной (по В.В. Грузе) методологии, предложили различать несколько элементов в теоретическом обосновании и в разработке методологии этого уровня, включая [722]:

- формирование структуры концептуальных воззрений (концептуального каркаса или методологической установки);

- создание концептуальной модели, реализующей теоретические воззрения и призванной оценить корректность и эффективность методологических подходов;

- развитие «рабочей» модели, реализующей методологический подход, осуществляющей верификацию взаимосвязей и функциональную группировку компонентов выбранной методологии и обеспечивающей, в случае необходимости, коррекцию концептуальной модели.

Следует указать, что начальный этап развития методологии в составе принципов, предложенных С. Пайкетом с соавторами, корреспондируются с принципами решения задач по оценке инженерно-геологических условий, учитывающими специфику геологических (и других природных) процессов, обуславливающих формирование геологических и инженерно-геологических тел, и опирающихся на аксиоматический подход, при котором формулируются геологические гипотезы, предполагающие, в свою очередь, наличие следствий, вытекающих из принятых аксиом, проверка которых позволяет принять / отвергнуть выдвинутую геологическую гипотезу [293].

Одной из важнейших задач первого этапа разработки методологии (этапа формирования структуры концептуальных воззрений, по С. Пайкету), по мнению В.Е. Хаина, является определение логики построения научного исследования [326].

Исходя из принятого выделения уровней в рамках методологических исследований,

следует определить, какие методологические вопросы изучения оползневых процессов могут быть отнесены к специально-научному (конкретно-научному, по В.В. Грузе) уровню методологии. При этом, в случае необходимости, при рассмотрении вопросов методологии решения геологических задач, в целом, и инженерно-геодинамических задач, в частности, возможно, во-первых, обращение к "верхним" методологическим уровням – как к положениям общей естественнонаучной методологии в теории познания, так и положениям общей методологии геологии, в целом, и инженерной геологии как науки геологического цикла, во-вторых, привлечение на стыке предметов изучения различных научных дисциплин специальных (конкретно-научных) методических подходов из других научных направлений.

Решение методологических задач в рамках выбранного научного подхода требует выработки правил создания и использования методов изучения предмета исследований, определения требований к этим методам, выявления границ их применимости. В составе проводимого методологического исследования необходимое внимание следует уделить определению основных понятий, формулировке утверждений, определяющих оптимальные способы достижения научных целей при изучении и оценке оползней.

Принимая, что современная понятийная база инженерной геологии, основанная на теоретических разработках, опыте многих поколений геологов, инженер-геологов, верно отражает природу вещей, представляется естественным при уточнении системы понятий использовать, по возможности, уже существующую понятийно-терминологическую базу. В настоящей работе в дальнейшем проводится уточнение определений тех основных терминов и понятий, которые необходимы для постановки и решения задач в изучении оползневых процессов. Задачами формирования понятийно-терминологической базы является явное определение основных понятий, установление их взаимосвязей и фиксация соответствующей терминологии.

Результатом методологической части проводимых исследований является теоретически обоснованная методология, ориентированная на изучение условий развития оползней как инженерно-геологических объектов разного уровня. Завершением проведенных исследований следует считать обоснование приемов и способов обработки, анализа, интерпретации и представления пространственных данных и пространственно-временной информации, характеризующей закономерности пространственного развития оползневых процессов.

2.2. Развитие взглядов на трактовку терминов "оползневой процесс" и "оползень", существующие подходы и воззрения

Термины "оползневой процесс" и "оползень" существуют уже достаточно длительное

время и активно используется в научной практике. Вместе с тем, их понимание различно, а трактовка неоднозначна. Во многих случаях термин "оползень" используется как синоним термина "оползневой процесс", когда подразумевается именно процесс развития смещений. В основу проведенного анализа развития взглядов на содержание терминов "оползневой процесс" и "оползень", положено рассмотрение более 200 определений, сформулированных различными специалистами, в которых раскрываются разнообразные взгляды на понимание и объем этих терминов. Рассмотренные определения приведены в Приложении 1.

Начало формирования научных воззрений о геологических склоновых процессах в целом, и оползнях, в частности, относится к концу XVIII в. – началу XIX в. В первой половине XIX в. вырабатываются представления о том, что развитие склоновых процессов, рассматривавшихся как экстраординарные, изолированные геологические события, происходит в результате влияния поверхностных и подземных вод. Этому способствовали результаты, полученные при довольно детальных наблюдениях в районе развития каменной лавины "Гольдау" (Швейцария, 1806 г.), обследовании оползней "Хукен" (1789-1790 г.г.) и "Биндон" (1839 г.), образовавшихся в береговом клифе в Восточном Девоне и Дорсете в Англии. Опираясь на такого рода представления, Ч. Лайель в 3 томе "Основных начал геологии ..." определил оползни следующим образом:

"участок земли, соскользнувший вниз вследствие нарушения в результате землетрясения или в результате размыва водой, смывающей нижние слои, которые поддерживали его." ([642], цитируется по [444, р. 27; 633, р. 68]).

В отечественных публикациях в этот период для описания склоновых деформаций использовались термины "провал" (именно этот термин применил А. Шостак в 1786 г. при составлении Плана района Кучук-Койского оползня [86]) или "завал" (в работах Б.И. Статковского (1877, 1890) и Е. Вейденбаума (1875), описывавших перекрытия долины р. Терек ледово-каменными лавинами).

В 40^х г.г. XIX в. А. Коллин впервые связал образование и смещение оползней с превышением действующих в склоне напряжений величин прочности глин [426]. Он также впервые экспериментально показал, что прочностные характеристики глин могут изменять со временем, в том числе при их увлажнении. А. Коллин фактически заложил основы иного, геомеханического (в современной терминологии) подхода в представлениях о природе склоновых деформаций. Однако, результаты исследований А. Коллина, в связи с фактической неразвитостью в середине XIX в. теоретических основ механики грунтов, оказались не востребованы и были забыты. Лишь только в начале XX в. произошло возвращение к рассмотрению оползней с геомеханических позиций.

В последней четверти XIX в. термины "оползень", "обвал" входят в отечественную

геологическую литературу. А.А. Иностранцев в общем курсе лекций по геологии, вышедшем в 1885 г., рассматривая образование обвалов и оползней в разделе "Прямые результаты деятельности источников", дает следующее им описание [129, с. 48]:

"**Оползни** могут происходить в тех местах, где на глинистый слой налегает слой каких-нибудь других горных пород. Если на поверхности таких глинистых слоев по склонам их стекают в долину источники, глина настолько размягчается, что вышележащие пласты (если только падение их направлено в долину) теряют опору и сползают вниз".

Образование обвалов и оползней увязывается исключительно с деятельностью подземных вод вплоть до начала 30^х г.г. XX в. [172, 221]. В.А. Обручев в третьем издании своего руководства по полевым методам в геологии, вышедшем в 1931 г., рассматривает оползни, обвалы и другие типы смещения масс в главе "Изучение деятельности подземных вод" [221]. Ф.П. Саваренский относил оползни к денудационным процессам, являющимися, по мнению Ф.Ю. Левинсон-Лессинга, процессами нептуническими [172, 268]. И только во втором издании "Инженерной геологии", вышедшем в 1939 г., Ф.П. Саваренский указывает, что оползни, являясь результатом "деятельности подземных и поверхностных вод на склонах", происходят под влиянием силы тяжести [269].

Вместе с тем, представления о том, что развитие оползневых процессов происходит исключительно под воздействием поверхностных и подземных вод, можно встретить вплоть до настоящего времени [148, 266]. В.Ф. Перов, классифицируя экзогенные процессы, считал, что оползни (как вид процесса) следует относить к инфильтрационным (класс процессов, обусловленный работой воды внутри массива горных пород) гидрогенным (тип) процессами [241]. При этом, по мнению В.Ф. Перова, распространенность процессов в "чистом виде", связанных с только проявлением силы тяжести, в условиях существования гидросферы Земли резко ограничена.

В начале XX в. отечественными исследователями (А.В. Павлов, И.В. Мушкетов) более четко формируется характерный признак оползней как геологического процесса - перемещение (сползание) отложений вниз по склону без опрокидывания, с явным формальным отделением таких смещений от обвалов, признаком которых рассматривался отрыв и опрокидывания масс при движении [204, 231]. Вместе с тем, А.В. Павлов термином "оползень" обозначал сползшую массу пород (т.е. результат смещения), в то время как И.В. Мушкетов - собственно оползание (т.е. процесс). Вместе с тем, К.И. Богданович, также трактовавший термин оползень как "движение масс", по-видимому, первым в отечественной практике становится на геомеханические позиции при объяснении природы оползней и обвалов, указывая в качестве причины их образования, нарушение равновесия в поверхностных частях склонов [25]. В качестве признака для разделения оползней и обвалов К.И. Богданович

использует показатель скорости движения. Точку зрения И.В. Мушкетова и К.И. Богдановича на содержание термина "оползень", обозначающего процесс смещения, разделяют В.А. Обручев, В.А. Цыбульский, П.И. Бутов и др. [33, 221, 330]. В дальнейшем использование термина "оползень" для обозначения именно смещения горных пород (т.е. процесса) становится фактически общепринятым, вплоть до настоящего времени. Иными словами большинством исследователей термины "оползневой процесс" и "оползень", рассматривались как синонимы.

Свое дальнейшее развитие геомеханический подход в исследовании оползней находит в работах Шведской геотехнической комиссии, впервые в 1914-1922 г.г. проводившей крупномасштабное изучение оползневых процессов на более 300 участках с выполнением буровых работ, изучением свойств грунтов и последующими расчетами устойчивости склонов с учетом «действия силы тяжести на состояние равновесия грунтов» [76, 296]. Осмысление опыта исследований Шведской геотехнической комиссии нашло свое отражение в понимании природы оползневых процессов и уточнении основного фактора их развития - действия гравитационных сил. Н.Ф. Погребов, А.П. Нифантов, С.К. Абрамов с соавторами, Н.Н. Маслов, обозначая термином "оползень" собственно смещение масс (т.е. процесс), указывают, что эти перемещения происходят под действием силы тяжести [1, 186, 214, 215, 247]. В дальнейшем, оползневые процессы в большинстве работ, посвященных их изучению, относятся к гравитационным склоновым процессам, а в определении термина "оползень" указывается в качестве основного признака их формирования – действие силы тяжести [8, 20, 84, 116, 126, 135, 155, 179, 182, 209, 236, 243, 251, 259, 277, 295, 297, 367, 490, 517, 604, 658, 790, 843 и многие другие].

Помимо активно развивающегося геомеханического подхода в изучении оползней в 20^е-30^е г.г. XX в. под влиянием работ В. Пенка (1924) формируется геоморфологический взгляд на оползневые процессы как на смещение грунтов вниз по склону, трактующий их как один из видов денудации, приводящей, в конечном счёте, к выравниванию рельефа [77, 215, 240, 268, 338]. Дальнейшее развитие геоморфологического подхода в изучении оползней приводит к пониманию того, что результатом деформаций склонов является формирование новых сложных форм рельефа, образующих оползневые склоны [82, 139, 178, 282].

В основе другого направления развития геоморфологического подхода в оползневедении стало понимание того, что оползни могут характеризовать не только отдельные детали геологического строения и рельефа территории, но также формировать "ландшафтно-географических облик местности" [223]. Идеи К.С. Оводова в дальнейшем получили развитие в виде ландшафтного подхода в изучении оползней, развиваемого в работах В.Н. Бевза, А.Н. Гуня с соавторами, В.Б. Михно, Б.И. Фридмана и других, увязывающих понятия "оползень" с понятием "ландшафта" как системы [20-22, 72, 185, 200, 319]. Следует отметить,

что близкие идеи о необходимости рассмотрения оползней как сложных систем, имеющих внутреннюю структуру, отдельные элементы которой могут характеризоваться самостоятельным развитием, также высказывались В.Н. Славяновым и М.К. Рзаевой на основании результатов изучения длительно развивающихся крупных современных оползней Южного берега Крыма [260, 282]. В дальнейшем, специалистами, рассматривавшими крупномасштабные оползни ЮБК как "оползневые системы", было предложено вычленять в их составе "морфодинамические элементы" - относительно обособленные части, характеризующиеся разнообразием строения и различной реакцией на внешние воздействия [85].

Вместе с тем, во второй половине 30^х г.г. XX в. выявляется неудовлетворительность, узость трактовки термина "оползень" исключительно как скользящего движения грунтов вниз по склону по существующей наклонной или вновь формируемой круглоцилиндрической поверхности, вытекающей из геомеханического подхода к пониманию природы оползневых процессов [1, 25, 33]. Такая ситуация была связана с тем, что многие исследователи, стоящие на геологических, а в последствии - на геодинамических позициях, начиная с А. Бальцера (1875), включали в понятие "оползень" склоновые деформации в виде течения грунтов ("земляные потоки", "грязевые потоки", "обломочные потоки" и т.д.), выделяя такого рода смещения в отдельный тип оползневых процессов (оползни-потоки, глетчеровидные оползни и т.д.). Эта возникшая терминологическая проблема потребовала для своего решения более 25 лет. Она была преодолена лишь только после того, как в определение понятия "оползень" была включена ремарка о том, что "смещение" при оползании не всегда представляет собой "настоящее скольжение", а охватывает почти все разновидности движений материала на склонах [851, 852], в т.ч. представляя собой течение [335]. Оползни, смещение которых происходило не только в виде скольжения, но и включало другие механизмы движения (обрушение, течение, в т.ч. "сухое", выплывание), получили наименование комплексных (несколько видов движения одновременно) или переходных (при изменчивости характера движения при смещении) типов оползней [39, 77, 98, 116, 445, 851, 852]. Вместе с тем, Д.Д. Варнс, указавший на необходимость учета всех разновидностей смещения материала на склонах, специально отметил, что при этом использование термина "оползень" (англ. «landslide»), не является корректным и следует говорить о "склоновых движениях" (англ. "slope movements") [39, 852]. При этом в отечественных работах признаком, четко определяющим принадлежность склоновых деформаций именно к оползням, вне зависимости от механизма смещения (в т.ч. виде течения), рассматривается развитие смещений без потери контакта с неподвижным основанием (ложем оползня) [21, 82-84, 98, 99, 169, 238, 243-245, 248, 591].

Другим критерием в трактовке термина "оползень", предложенным в рамках геоморфологического подхода, позволяющем выделять оползни среди других типов денудационных процессов на склонах, является положение о том, что к оползневым процессам следует относить только те процессы, при которых движение материала на склонах происходит "без значительного участия "внешних" агентов, таких как вода или лед" [770]. Иными словами ведущую роль в смещении играют горных породы, включая нелитифицированные или слаболитифицированные, в т.ч. приобретающие пластичную консистенцию при водонасыщении. Таким образом, процессы транспортировки материала на склонах ветром, водными потоками или ледниками четко разграничиваются от оползневых процессов [82, 116, 770, 843]. Вместе с тем, дискуссии о классификационной принадлежности гравитационного перемещения материала в субаквальных условиях, таких как турбидитные или суспензионные потоки, являются по-прежнему актуальными.

В 1947-1948 г.г. Н.И. Николаев, разрабатывая вопросы классифицирования экзогенных геологических процессов, разделил понятия "процесс" и "явление". Н.И. Николаев указал, что явления (в т.ч. оползни) представляют собой "проявление одного или целого комплекса различных процессов" [210, с. 7]. В 1956 г. Г.С. Золотарев также высказывает мысль о том, что движение масс горных пород на склоне вследствие нарушения равновесия под влиянием различных факторов следует рассматривать как процесс - оползневой процесс, представляющий собой особый вид геодинамического процесса [114]. В дальнейшем Г.С. Золотарев более четко сформулировал свою точку зрения: "надо различать процесс, включая факторы, его обусловившие, и результат - явление, в виде соответствующих новообразованных пород и элементов рельефа (денудационных или аккумулятивных форм)" [116, с. 71].

Начиная с середины XX в. в составе работ, выполняющихся в рамках геологического и инженерно-геодинамического подходов при изучении оползней, возрастает интерес к отложениям, формирующимся при деформациях склонов. До этого периода, несмотря на то, что понятие "оползневые отложения" активно использовалось при описании оползней, их изучение носило, в определенной степени "вспомогательный" характер, ориентированный, в первую очередь, на выяснение скорее причин, характера и механизма произошедших смещений, не находясь «в центре внимания» проводимых работ. Это было связано с тем, что в большинстве случаев считалось, что исследуемые территории воздействия оползней и, как следствие, участки накопления оползневых отложений, с одной стороны, занимали относительно небольшие территории, не представляя интереса при региональных геологических работах, а с другой стороны, рассматривались в качестве "неудобий" при хозяйственном освоении и, таким образом, в значительной мере находились «за рамками» научного и практического интереса инженер-геологов, изучавших грунты как основания зданий и сооружений. Активное развитие

литологии как одной из дисциплин в составе геологии и грунтоведения как одного из направлений инженерной геологии, совершенствование методов полевого изучения грунтов дали толчок изучению собственно оползневых образований. Е.В. Шанцер, наследуя и расширяя идеи А.В. Павлова [231], развивая подходы Н.И. Николаева [208], предложил в составе образований, формируемых в результате склоновых процессов, выделять несколько самостоятельных генетических типов отложений, объединенных в особую парагенетическую группу гравитационных отложений [338]:

- дерупций - обвальное накопление;
- десперсий - осыпные накопления;
- деляпсий - оползневые накопления;
- дефлюксий или солифлюксий - солифлюкционные накопления.

В дальнейшем, предложенные Е.В. Шанцером генетические типы отложений, образование которых происходит в результате развития склоновых процессов, активно используются при региональном изучении и картировании четвертичных отложений [196, 329]. В этот же период (с середины XX в.) в рамках геологических исследований (региональной и исторической геологии, литологии, морской геологии) выделяется, начинает активно изучаться особый тип геологических образований, характеризующихся масштабами, позволяющими их выделять и картировать при крупномасштабных региональных работах, обозначаемых термином "олистостром" (термин ввел Ж. Флорес в 1955 г.), формирование которых обусловлено развитием в геологической истории обвально-оползневых процессов [62, 175, 207, 333, 492, 493]. В зарубежных работах как синоним термина "олистостром" нередко используется термин "седиментационный меланж" (англ. "sedimentary mélanges"), подчеркивая его генезис и отличая от тектонического меланжа [704, 744]. Вместе с тем, в большинстве работ принимается точка зрения, что формирование олистостромовых толщ происходило исключительно в морских условиях [40, 207, 287]. Одним из следствий такой точки зрения – деляпсий и другие генетические типы гравитационных отложений рассматриваются как континентальные образования, а накопление олистостромовых толщ происходит исключительно в морских условиях, является то, что описанные два направления геологического изучения склоновых отложений до настоящего времени развиваются, фактически, "не пересекаясь".

В 60-70^е гг. XX в. Е.П. Емельянова, проанализировав значительный объем работ по изучению оползневых процессов, приходит к выводу, что оползни являются сложными для понимания природными объектами [82, 83]. Позднее, сложная природа оползней, как объектов изучения, отмечается в работах Б. Д'Элия с соавторами, Ж. Чакона с соавторами, Н.Р. Моргенштейна, В.Н. Бевза, Ф.Г.О. Габиева и Л.Ф.К. Габиевой [21, 50, 410, 452, 684]. Также на сложность термина "оползень" указывается в третьем издании Геологического

словаря [62]. Е.П. Емельянова, основываясь на результатах проведенных обобщений, пересмотрела объем понятия "оползень", существенно расширив его содержание и показав, что термином "оползень" обозначают как собственно процесс смещения (т.е. "оползневой процесс"), так и результат процесса – сформировавшееся геологическое тело, а также образовавшиеся при смещениях формы рельефа [82, 83].

Вместе с тем, в дальнейшем, в последней четверти XX в. – начале XXI в., в научной практике наблюдается некоторое упрощение в трактовке, применении термина "оползень". Идеи Г.С. Золотарева (1956, 1983), Е.П. Емельяновой (1963, 1972) о расширенном содержании понятия "оползень", выделении в его составе "оползневого процесса", как процесса собственно смещения, и рассмотрения термина "оползень" применительно к сформированным в результате смещения геологическим телам и геоморфологическим формам как "явлениям" (в терминологии специалистов ВСЕГИНГЕО – "проявлениям оползневого процесса"), находят свое отражение лишь в отдельных работах [62, 139, 266, 295, 332, 537]. Большинство же специалистов, исследовавших оползневые процессы ранее и выполняющие их изучение в настоящее время, термин «оползень» трактуют исключительно только как процесс смещения [8, 57, 84, 122, 126, 135, 148, 155, 195, 226, 238, 248, 254, 280, 367, 379, 394, 430, 437, 444, 452, 461, 490, 517, 581, 591, 604, 628, 658, 820]. В относительно небольшом количестве работ понятие "оползень" трактуется либо как процесс смещения и формирующееся в результате этого геологическое тело [50, 191, 255, 295, 357], либо как процесс и образующиеся при смещениях формы рельефа [266, 824]. Н.Ф. Петров с соавторами рассматривает термин "оползень" исключительно применительно к геологическим телам, образующимся при оползании [243-246].

Таким образом, анализ развития взглядов на содержание, понимание терминов "оползень", "оползневой процесс" показал, что в настоящее время может быть выделено несколько подходов, в рамках каждого из которых рассмотренные термины трактуются по-разному. Это требует более детального рассмотрения терминов, ибо "только при условии, что смысл понятия, используемого в конкретном исследовании, уточнен и зафиксирован, с данным исследованием можно дискутировать" [328, с. 31]. В ином случае обсуждения, дискуссии теряют смысл, так как речь может идти о различных предметах, обозначенных одним термином.

2.3. Понимание терминов "оползневой процесс" и "оползень", определения

Рассмотрение оползней проводится в сотнях публикаций в год в отечественной

инженерной геологии и десятках тысяч публикаций в год за рубежом [97, 673]. Во множестве работ, исходя из полученных результатов проведенных наблюдений и исследований, приводится понимание, дается трактовка сути термина "оползневые процессы" или термина "оползни", в рассмотрении его как процесса. Нередко термины "оползневой процесс" и "оползень" приводятся, используются как синонимы. Многообразие форм проявления оползневых процессов, условий их возникновения и развития, формируемых геологических тел обуславливают существенное разнообразие взглядов, точек зрения на понимание термина "оползневые процессы" (или "оползни", в трактовке как процесса), как природного (природно-техногенного) объекта, что хорошо видно при рассмотрении определений соответствующих терминов (Приложение 1).

В ходе диссертационного исследования автором было проведено детальное рассмотрение признаков оползневых процессов, позволяющих четко выделять их среди всей совокупности геологических процессов, а также был выполнен анализ определений и содержания термина "оползневые процессы" (или термина "оползни", в трактовке как процесса), которые были представлены в многочисленных публикациях, вышедших начиная с 1970 г. по настоящее время. Выбор анализируемого временного периода был обусловлен тем, что в 1968-1969 г.г. отмечалась глобальная активизация развития оползневых процессов, что дало существенный толчок к их изучению и последующему взрывному росту публикаций по этой тематике. По существу, названный временной период в исследовании оползневых и других гравитационных склоновых процессов может быть определен как современный этап оползневедения. Было рассмотрено значительное количество вариантов представлений и точек зрения, представленных в более 140 публикациях. Проведенный анализ понимания термина "оползневые процессы" (или "оползней", в трактовке как процесса), его определений (рис. 2.1) показал следующее.

1. Ведущим признаком выделения "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) среди всей совокупности геологических процессов является факт их развития под действием гравитации – этот признак подчеркнут как основной большинством исследователей (>59% публикаций).

Вместе с тем, в ~3% публикаций (в основном – в работах отечественных географов/геоморфологов) ведущим признаком развития "оползневых процессов" по-прежнему, наследуя взгляды более характерные для первой трети XX в., считается влияние подземных и поверхностных вод, при этом роль гравитационных сил игнорируется. В то же время, среди сторонников рассмотрения "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) как результата действия, в первую очередь, гравитационных сил, важность учета влияния действия подземных вод (как дополнительного фактора) отмечается >19% исследователей.

В ~21,5% публикаций подчеркивается, что развитие "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) происходит в результате нарушения равновесия действующих сил в массиве горных пород, формирующих склон.

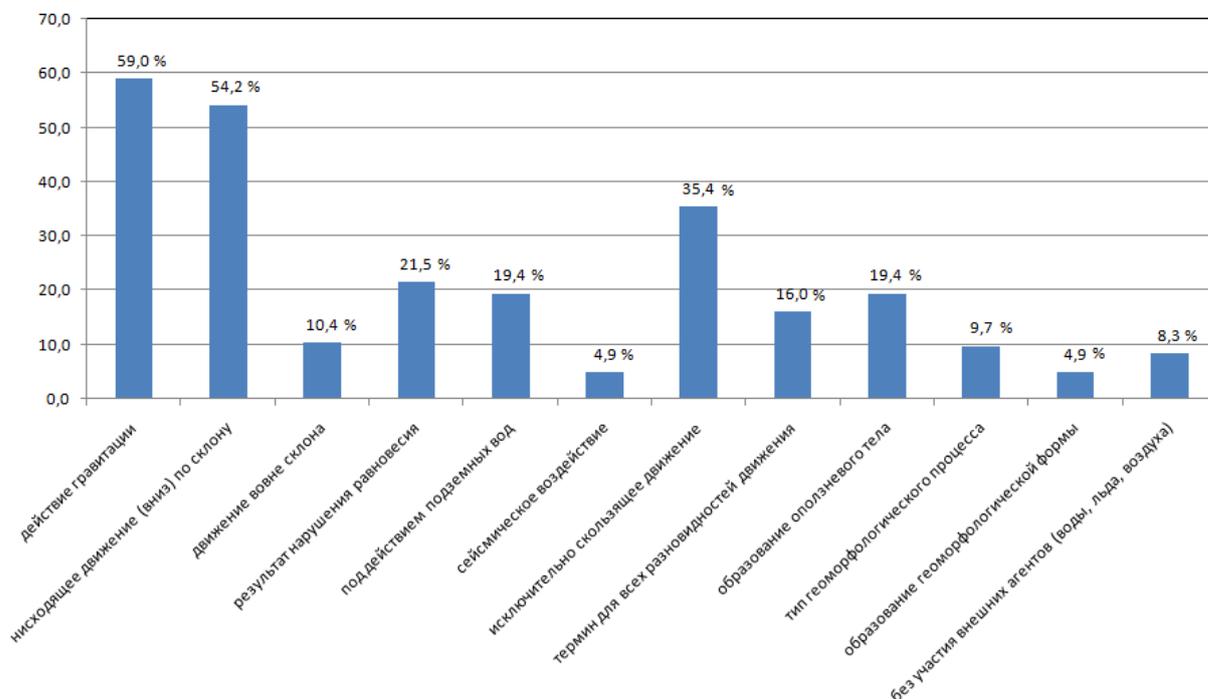


Рис. 2.1. Основные признаки, используемые при определении термина "оползневые процессы" (или термина "оползни", в трактовке как процесса).

2. Вторым значимым признаком "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) является то, что при их развитии происходит смещение горных пород, грунтов (в различных вариантах определений) вниз по склону – этот признак подчеркнут как один из основных значительным количеством исследователей (>54% публикаций).

Важно отметить, что в >10% публикаций (в основном, зарубежных) обращается внимание на то, что перемещения горных пород, грунтов при оползании происходит не только в пределах склонов, но и за их пределами (т.е. вне склона).

Существенное расхождение отмечается в понимании, какой механизм перемещения присущ смещениям горных пород, грунтов (в различных вариантах определений) при развитии "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса). Авторы >35% публикаций (в основном – отечественных, имеющих опыт изучения оползней преимущественно в равнинных условиях) считают, что к оползневым процессам следует относить исключительно перемещение грунтов в виде скольжения, иногда, дополнительно, допуская движение в виде течения, но всегда без потери контакта с неподвижной частью массива. Вместе с тем, авторы ~16% публикаций трактуют термин "оползневые процессы" (или "оползни", в трактовке как

процесса) как общий термин для всех разновидностей склоновых движений горных пород, грунтов под действием гравитационных сил, исключая при этом из рассмотрения только обрушения (под действием гравитационных сил) в карстовые полости/техногенные пустоты, даже если они происходят на склонах. Эту точку зрения разделяет автор настоящей работы. Дополнительно, в >8% публикаций подчеркивается, что склоновые движения горных пород, грунтов при развитии оползневых процессов обязательно происходят без участия иных агентов перемещения.

3. В >19% публикаций отмечается, что в результате развития "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) формирует оползневое тело, а в ~5% указывается на образование новых геоморфологических форм. Вместе с тем, в ~10% публикаций (в основном – в работах географов/геоморфологов) оползневые процессы предлагается относить к геоморфологическим процессам, т.е. процессам, представляющим собой исключительно деформации дневной поверхности и приповерхностной части отложений.

Проведенный анализ современных взглядов на определение термина "оползневые процессы", основных признаков, включаемых в определение этого термина для выделения оползневых процессов среди всей совокупности геологических процессов, показал, что рассматриваемое содержание приведенных определений понятия "оползневые процессы" (или "оползня", в трактовке как процесса) не обеспечивает выделение оползней в ряду других геологических склоновых процессов в качестве самостоятельного процесса. Например, при развитии делювиальных или пролювиальных процессов, относящихся к категории склоновых геологических процессов, также происходит перемещение потерявшего равновесие материала вниз по склону, происходящее под действием гравитационных сил. То же самое можно сказать и про перемещение моренного материала ледниками. Однако, очевидно, что перечисленные процессы оползневыми не являются.

Другим важным аспектом, требующим четкого понимания при определении оползневых процессов и их выделения, вычленения в ряду других геологических процессов, является вопрос о том, какая часть геологической среды вовлекается в оползневые деформации при их развитии. Бесспорно, что при развитии делювиальных или пролювиальных процессов в перемещения вовлекается материал из приповерхностной, присклоновой части массивов грунтов. Вместе с тем, при рассмотрении развития оползневых процессов приведенная точка зрения о том, что в деформации вовлекается только присклоновая части массива грунтов, не охватывает всего разнообразия условий развития оползней.

Для обоснования, подтверждения предлагаемой в настоящей работе иной точки зрения необходимо обобщенно рассмотреть собранный автором фактический материал, сосредоточившись на двух проблемах.

Проблема 1. Происходит ли на начальной стадии развития оползневых процессов отделение горных пород/грунтов только присклоновой части массива или процесс разрушения может быть пространственно шире.

Проблема 2. Происходит ли смещение грунтов под действием гравитационных сил при развитии оползней только в пределах склонов, охватывая исключительно присклоновый массив, или имеет место перемещение грунтов не только по склону, но и за его пределами.

Проведенный автором в ходе диссертационного исследования анализ имеющегося фактического материала при рассмотрении первой проблемы позволяет выделить несколько вариантов расположения зон разрушения массива грунтов на начальной стадии развития оползневых деформаций и последующих смещений оползневого тела, для которых возможно выделение зоны транзита и зоны накопления.

Вариант 1. Зона отрыва оползня (= зона разрушения) и собственно оползневое тело (= зона оползневых накоплений) полностью располагается в пределах склона при минимальных размерах зоны транзита (зона транзита \ll зона разрушения).

Примерами таких оползней являются «классические» оползни скольжения (рис. 2.2) или оползни течения (рис. 2.3). В рассматриваемом случае оползневые процессы могут быть отнесены к склономоделирующим процессам [57, 65].

Вариант 2. Зона отрыва оползня (= зона разрушения) частично захватывает водораздельное пространство, зона транзита, в значительной мере, находится в пределах склона, оползневое тело (= зона оползневых накоплений) располагается как в пределах склона, так и за его пределами, перекрывая и/или деформируя примыкающие к склону территории.

Примерами таких оползней являются оползни скольжения, оползни течения, оползни сложного типа, головные части которых (в зоне отрыва) захватывают участки примыкающих водоразделов или высоких поверхностей (локальных водоразделов) (рис. 2.4-2.6). В этом случае, по существу, происходит образования нового участка склона. Описанный вариант образования и развития оползневых процессов позволяет рассматривать их одновременно и как склонообразующие, и как склономоделирующие процессы [57, 65].

Вариант 3. Зона отрыва оползня (= зона разрушения) полностью захватывает водораздельное пространство, зона транзита, находится в пределах склона, оползневое тело (= зона оползневых накоплений) располагается как в пределах склона, так и зачастую за его пределами, перекрывая и/или деформируя примыкающие к склону территории.

Оползням такого типа, как правило, крупномасштабным, сейсмогенным, С.М. Винниченко, присвоила наименования «седлающих» оползней [43]. Пример такого оползня показан на рисунке 2.7. Описанный вариант формирования оползневых процессов



Рис. 2.2. Оползень скольжения, сформировавшийся в средней части склона (=присклоновой части массива грунтов, слагающих склон). Зона отрыва (= зона разрушения) и собственно оползневое тело (= зона оползневых накоплений) полностью располагается в пределах склона. Таджикистан (фото О.В.Зеркаля).

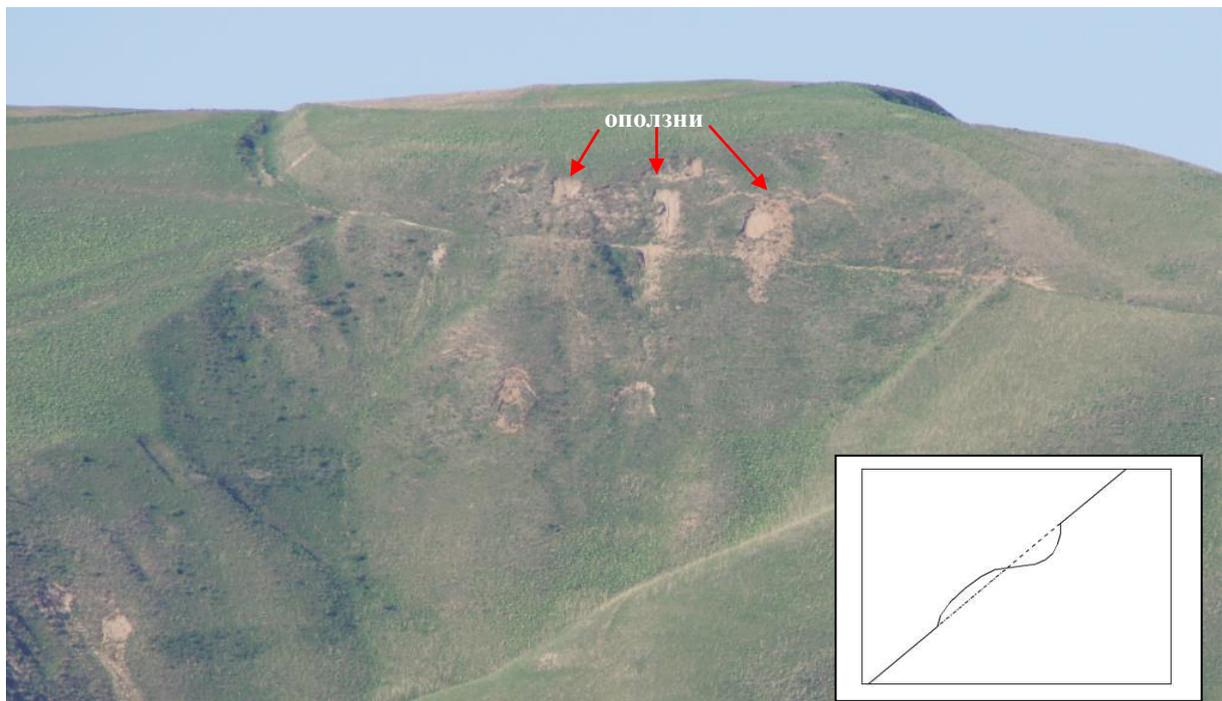


Рис. 2.3. Серия мелкомасштабных, неглубоких оползней течения (сплывов и оплывин), сформировавшихся в средней части склона (=присклоновой части массива грунтов, слагающих склон). Зона отрыва (= зона разрушения) и собственно оползневое тело (= зона оползневых накоплений) полностью располагается в пределах склона. Таджикистан (фото О.В.Зеркаля).

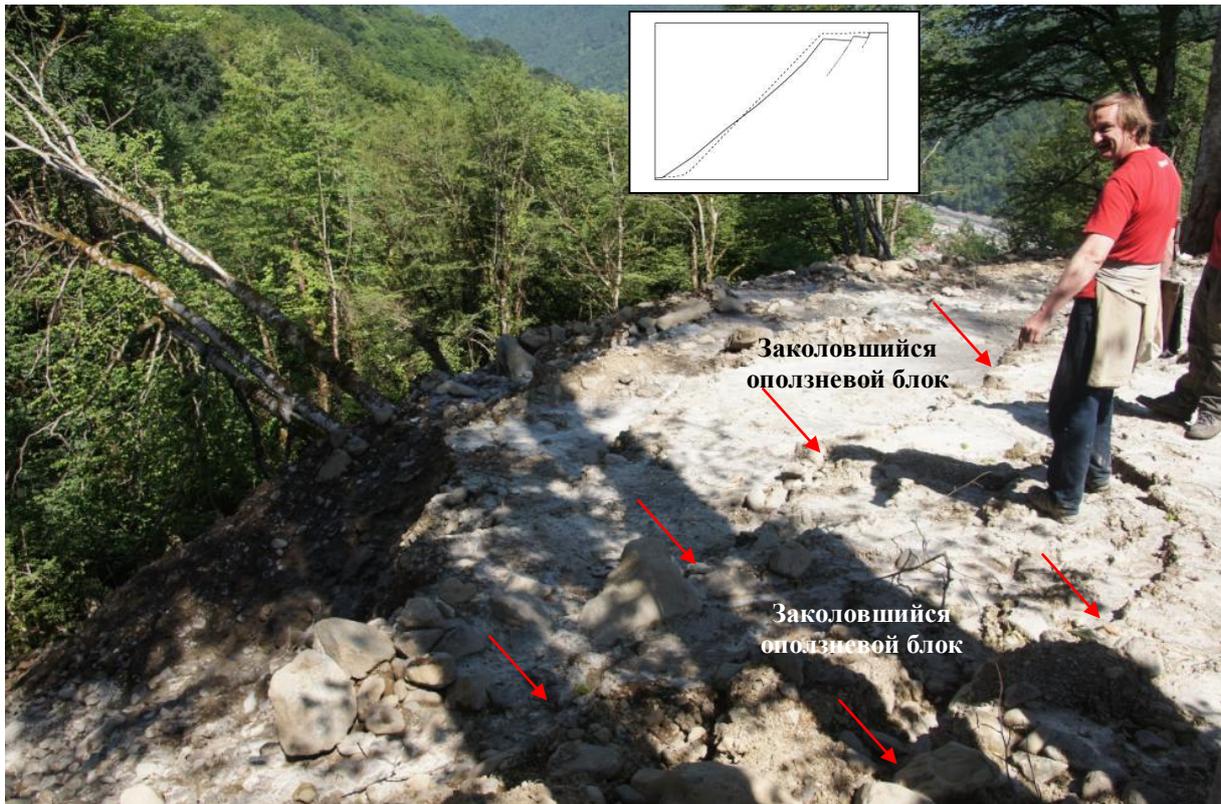


Рис. 2.4. Головная часть оползня скольжения (= зона разрушения) сформировавшаяся в пределах выровненной приводораздельной части отрога хр. Аибга (Красная Поляна) (фото О.В.Зеркаля).

также позволяет рассматривать их одновременно и как склонообразующие, и как склономоделирующие процессы [57, 65].

Таким образом, оползневые процессы представляют собой не только склономоделирующие процессы, развивающиеся исключительно в присклоновых частях массивов грунтов, но и являются процессами склонообразующими, в тех случаях (см. вариант 2 и 3), когда зона разрушения массива, в результате которой происходит отделение горных пород, в дальнейшем вовлекаемых (под действием гравитационных сил) в смещения вниз по склону, выходящие, зачастую, на прилегающие территории, деформируя или перекрывая их. При этом, происходит разрушение возвышенных и водораздельных пространств с постепенной выработкой невысоких выположенных поверхностей. В геоморфологии этот процесс, как один из процессов планации (рис. 2.8), наряду с пенипленизацией (выравнивания сверху), был выделен В. Пенком в 20^х г.г. XX в. и назван педипленизацией (выравнивания сбоку) [240].

Выполненное автором в ходе диссертационного исследования рассмотрение имеющегося фактического материала при анализе второй проблемы также позволяет выделить несколько сценариев возможного формирования и расположения зон накопления оползневых отложений.

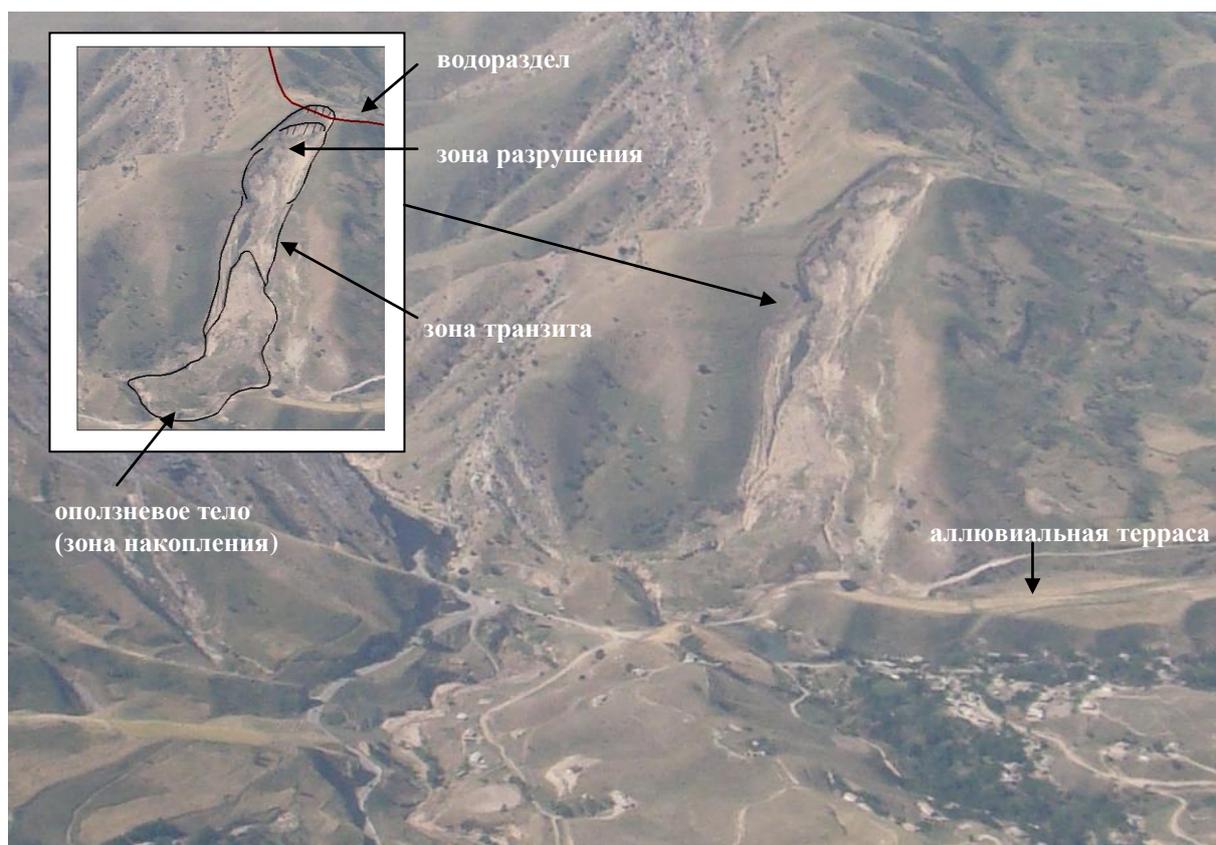


Рис. 2.5. Оползень течения, сформировавшийся с разрушением приводораздельной части отрога хребта, фронтальная часть оползня (язык оползня) разрушила участок аллювиальной террасы и достигла русла реки. Зона отрыва (= зона разрушения) располагается в пределах склона, захватывая примыкающую часть водораздела, зона транзита находится в пределах склона, оползневое тело (= зона оползневых накоплений) располагается в нижней части склона и, частично разрушив, перекрывает примыкающие к склону территории. Таджикистан (фото О.В.Зеркаля).

Сценарий 1. Зона накопления оползневых отложений (= оползневое тело) полностью располагается в пределах склона, перекрывая исключительно его поверхность. Примеры такого рода оползневых тел показаны на рисунках 2.2 и 2.3.

Сценарий 2. Зона накопления оползневых отложений (= оползневое тело) располагается как в пределах склона, так и выходя за его пределы. Примеры такого рода оползневых тел показаны выше на рисунках 2.5 и 2.6.

При реализации сценария 2 возможно два направления его развития. В первом случае (2.а) зона накопления оползневых отложений (= оползневое тело) только перекрывает поверхность на примыкающей территории. Соответственно, в этом случае перекрываться на примыкающей к склону территории может либо только одна геоморфологическая (высотная, генетическая) поверхность (2.а.1), либо несколько геоморфологических (на различных высотах,



Рис. 2.6. Оползень сложного типа на северном побережье Таганрогского залива, зона отрыва (= зона разрушения) которого захватывает часть высокой поверхности прибрежной равнины, зона транзита находится в пределах склона, оползневое тело (= зона оползневых накоплений) располагается в средней и нижней частях склона и, частично, выходит в акваторию (фото О.В.Зеркаля).

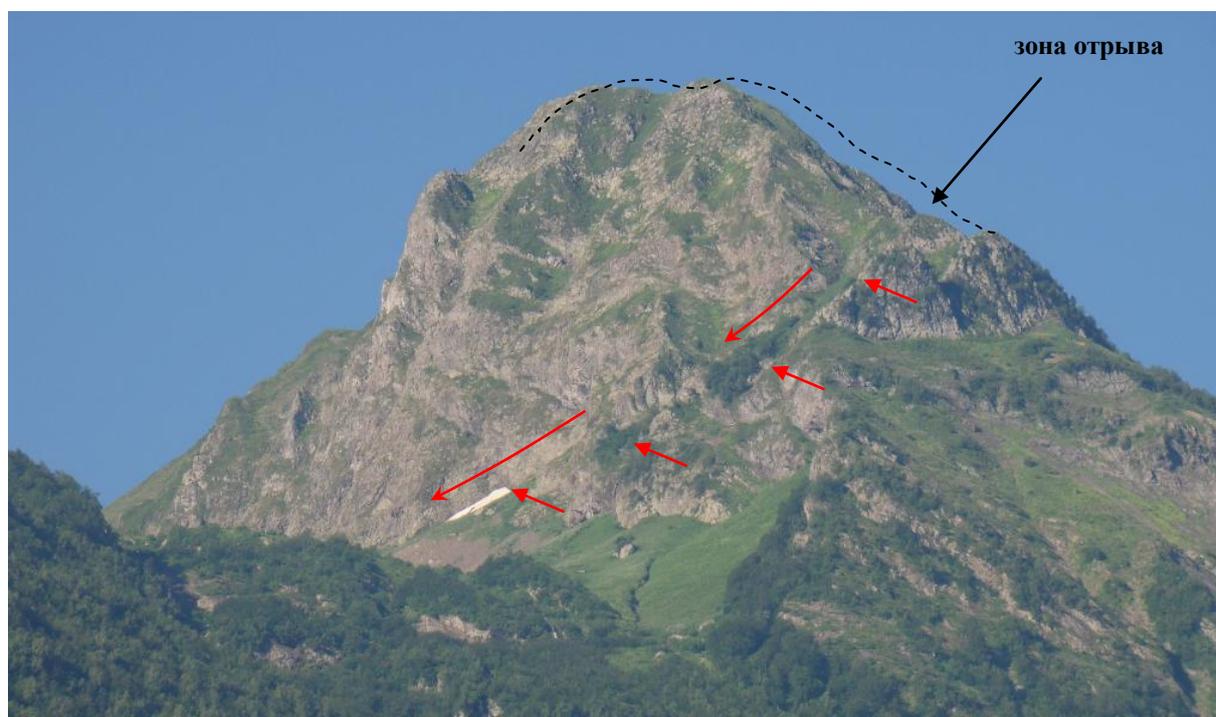


Рис. 2.7. "Седлающий" оползень (по С.М. Винниченко), хр. Аибга (Красная Поляна) (фото О.В.Зеркаля).

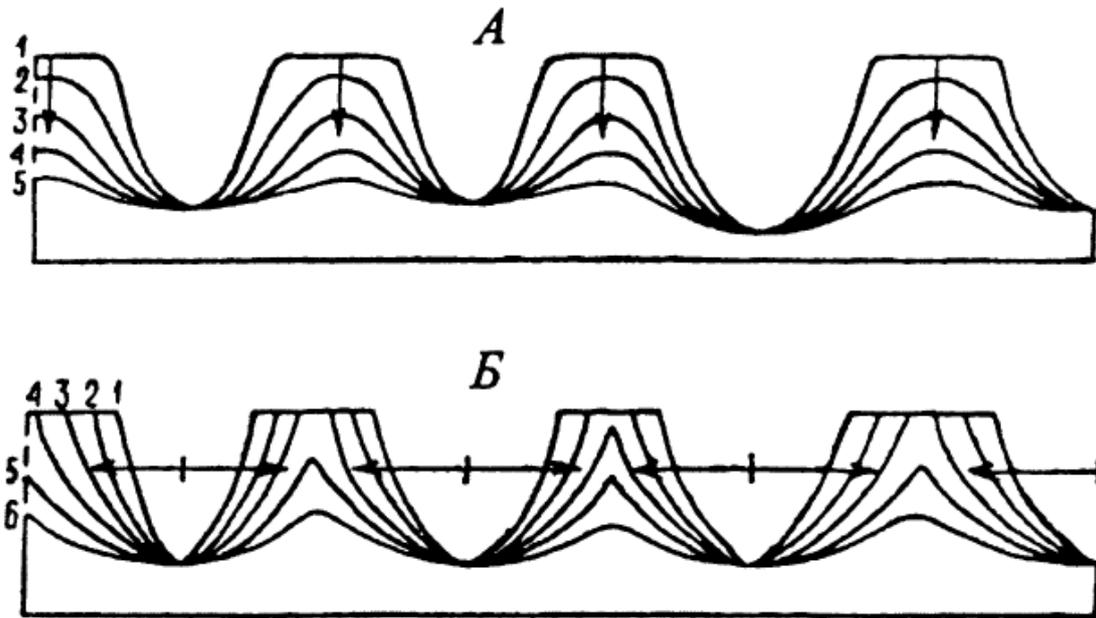


Рис. 2.8. Принципиальная схема пенепленизации, по В. Дэвису (А) и педипленизации, по В. Пенку (Б). Стрелками показано направление, в котором идет "съедание" междуречий; 1-6 - последовательные стадии развития пенеплена и педиплена (приведено по [266]).

различного генезиса) поверхностей (2.а.2). Примеры перекрытия оползневыми отложениями одной поверхности на примыкающей территории показаны на рисунках 2.6 (оползневой язык вышел в акваторию Таганрогского залива) и 2.9 (оползневой язык перекрыл русло р. Баксан). Примером, когда оползневые отложения перекрыли несколько геоморфологических поверхностей является крупномасштабный Буреинский оползень (11.12.2018), при образовании которого общий объем горных пород, вовлеченных в смещение, составил порядка 25 млн. м³, а языковая часть (= зона накопления оползневых отложений) перекрыла Буреинское водохранилище и «вышла» на противоположный, правый берег долины (рис. 2.10) [110, 902].

Другим случаем (2.б) является возможность вовлечение в оползневые деформации массива грунтов на примыкающей территории, т.е. выход деформаций за пределы склонового массива не только вверх (охватывая водораздельные/приводораздельные пространства), но и вниз с распространением по латерали. Классическим примером такого рода оползней являются оползни «одесского типа», при смещении которых в деформации вовлекались массивы грунтов в пределах примыкающей к склону акватории Чёрного моря, где происходило образование вала выпирания. Другим примером оползня, при развитии которого произошло вовлечение в процесс деформаций массива грунтов на примыкающей к склону территории, является Байпазинский оползень в правом борту долины р. Вахш ниже бьефа Байпазинской ГЭС (рис. 2.11). В периоды активизации Байпазинского оползня наблюдается образование вала выпирания в меловых глинах, в толще которых выработано русло р. Вахш, что приводит к



Рис. 2.9. Оползень «Заюково», языковая часть (= фронтальная часть зоны накопления оползневых отложений) которого перекрыла русло р. Баксан (фото О.В.Зеркаля).



Рис. 2.10. Буреинский оползень (11.12.2018), языковая часть (= зона накопления оползневых отложений) которого перекрыла Буреинское водохранилище и «вышла» на противоположный, правый берег долины (фото О.В.Зеркаля).

периодическому подпруживанию реки, что создает сложности эксплуатации Байпазинской ГЭС (рис. 2.11б и 2.11в). Таким образом, при смещениях Байпазинского оползня в деформации вовлекаются отложения, залегающие вне пределов склона.

В таблице 2.1 показано соотношение вариантов расположения зон разрушения массива грунтов (зон отрыва) на начальной стадии развития оползневых деформаций и сценариев формирования и расположения зон накопления оползневых отложений (оползневых тел).

Подведение итогов проведенного автором в ходе диссертационного исследования анализа современных представлений об определении термина «оползневые процессы», а также результатов обобщения собственных наблюдений автора, позволяет сформулировать следующее понимание термина «оползневые процессы»:

Собственное (без действенного участия внешних агентов – воды, воздуха и т.д.)

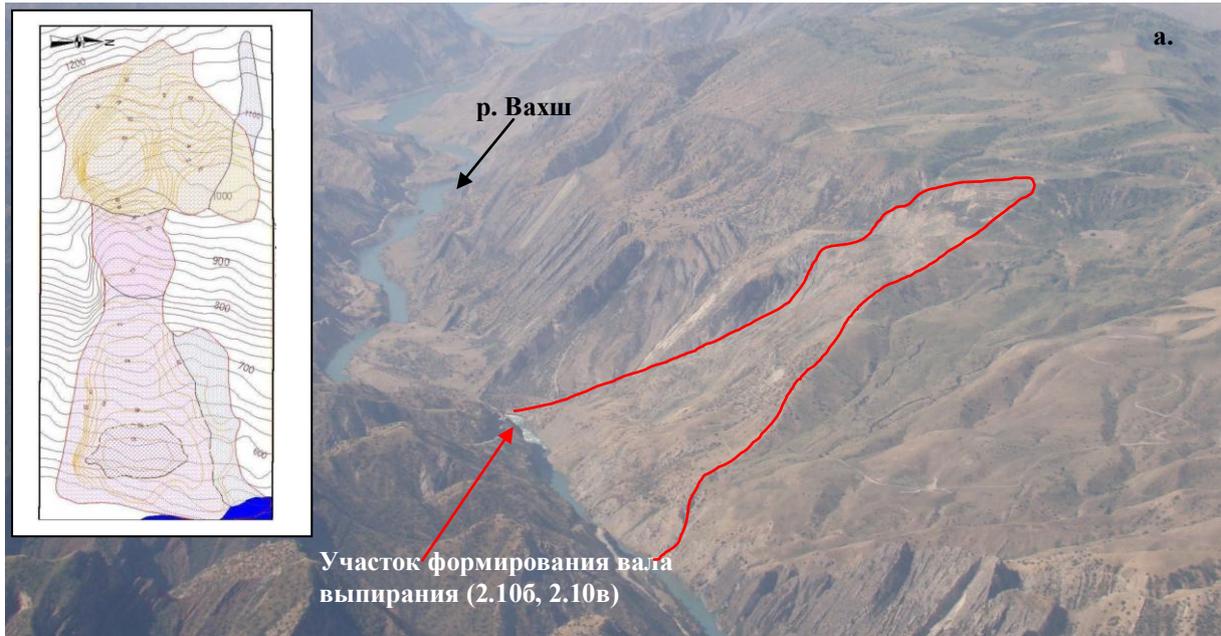


Рис. 2.11. Байпазинский оползень (правый борт долины р. Вахш, Таджикистан).
а. Общий вид (фото О.В. Зеркаля). Карта-схема оползня составлена О.В. Зеркалем.
б. Вал выпирания в период активизации 1992 г. (фото О.В.Зеркаля).
в. Вал выпирания в период активизации 2002 г. (фото А.Р. Ищука).

Таблица 2.1.

Соотношение вариантов расположения зон разрушения массива грунтов (зон отрыва) на начальной стадии развития оползневых деформаций и сценариев формирования и расположения зон накопления оползневых отложений (оползневых тел)

	Сценарий 1. Зона накопления оползневых отложений (= оползневое тело) полностью располагается в пределах склона, перекрывая исключительно его поверхность	Сценарий 2. Зона накопления оползневых отложений (= оползневое тело) располагается как в пределах склона, так и выходя за его пределы		
		2.а. Зона накопления оползневых отложений (= оползневое тело) только перекрывает поверхность на примыкающей территории		2.б. Зона накопления оползневых отложений (= оползневое тело) деформирует массив грунтов в пределах примыкающей к склону территории
		2.а.1. Только в пределах одной геоморфологической поверхности	2.а.2. В пределах нескольких геоморфологических поверхностей	
Вариант 1. Зона отрыва оползня (= зона разрушения) и собственно оползневое тело (= зона оползневых накоплений) полностью располагается в пределах склона				
Вариант 2. Зона отрыва оползня (= зона разрушения) частично захватывает водораздельное пространство, зона транзита, в значительной мере, находится в пределах склона, оползневое тело (= зона оползневых накоплений) располагается как в пределах склона, так и за его пределами, перекрывая примыкающие к склону территории				
Вариант 3. Зона отрыва оползня (= зона разрушения) полностью захватывает водораздельное пространство, зона транзита, находится в пределах склона, оползневое тело (= зона оползневых накоплений) располагается как в пределах склона, так и зачастую за его пределами, перекрывая примыкающие к склону территории				

перемещение под действием гравитационных сил потерявших равновесие массивов грунтов различных классов и подклассов (скальных, полускальных, дисперсных (обломочных и связных); с различной степенью водонасыщения; и в т.ч. мерзлых), происходящее вниз по склону, зачастую с выходом на прилегающие территории, в результате которого формируется новое геологическое тело, располагающееся как на склоне, так и за его пределами, имеющее, как правило, четкие границы, образующее на дневной поверхности новые геоморфологические формы и ландшафты. Механизм такого перемещения может быть различным, включая скольжение, сдвиг, течение (пластическое, вязко-пластическое, вязкое; в виде потоков или в форме выдавливания, выжимания, выплывания), а также в отдельных, специфических случаях – опрокидывание, качение (роллерный механизм), «планирование» (смещение на воздушной подушке). Во многих случаях имеет место комбинация различных механизмов перемещения грунтов, в т.ч. с полной или частичной потерей контакта с неподвижной частью массива.

В предложенном понимании понятия "оползневые процессы" сохранены три признака, подчеркиваемые ранее большинством специалистов – (1) развитие оползней происходит под действием гравитационных сил, (2) смещение потерявших равновесие массивов грунтов (3) происходит вниз по склону. Эти признаки определяют отнесение оползневых процессов к склоновым геологическим процессам. Вместе с тем, дополнительно в предложенной трактовке дается еще один признак – (4) перемещение массивов грунтов при развитии оползней происходит без действительного участия внешних агентов (воды, воздуха, льда и т.д.), который следует рассматривать в качестве "видового" признака, позволяющего вычленять "оползневые процессы" среди других склоновых геологических процессов - перевевание песков на склонах, где агентом перемещения материала выступают воздушные массы, делювиальных, пролювиальных процессов, где ведущим агентом перемещения материала является вода, транспортировка моренного материала ледниками, движущимися вниз по уклону рельефа, где ведущим агентом перемещения материала выступает лёд, и т.д.

Предложенная группа признаков относится к категории "универсальных признаков", т.е. признаков, действующих не только земных условиях, но и в условиях, существующих на других планетах Солнечной системы, о чем свидетельствует сходство обобщенных характеристик проявлений оползневых процессов. На рисунке 2.12 приведены зависимости расстояния смещения каменных лавин¹, как одного из видов оползневых процессов, выделяемых по предложенным признакам, от их объема для земных условий (рис. 2.12а), для которых характерна величина ускорения свободного падения под действием гравитационных сил равная $9,8 \text{ м/с}^2$, и для условий Марса (рис. 2.12б), в которых величина ускорения

¹ Детальное рассмотрение особенностей развития каменных лавин проведено в диссертационном исследовании А.Л. Строма «Особенности строения и закономерности формирования каменных лавин Центральной Азии» (2022).

свободного падения под действием гравитационных сил составляет $3,7 \text{ м/с}^2$. Как видно из представленного рисунка общая тенденция снижения угла "пути" смещения от объема грунтов, вовлеченного в смещение, характерна как для условий Земли, так и для условий Марса.

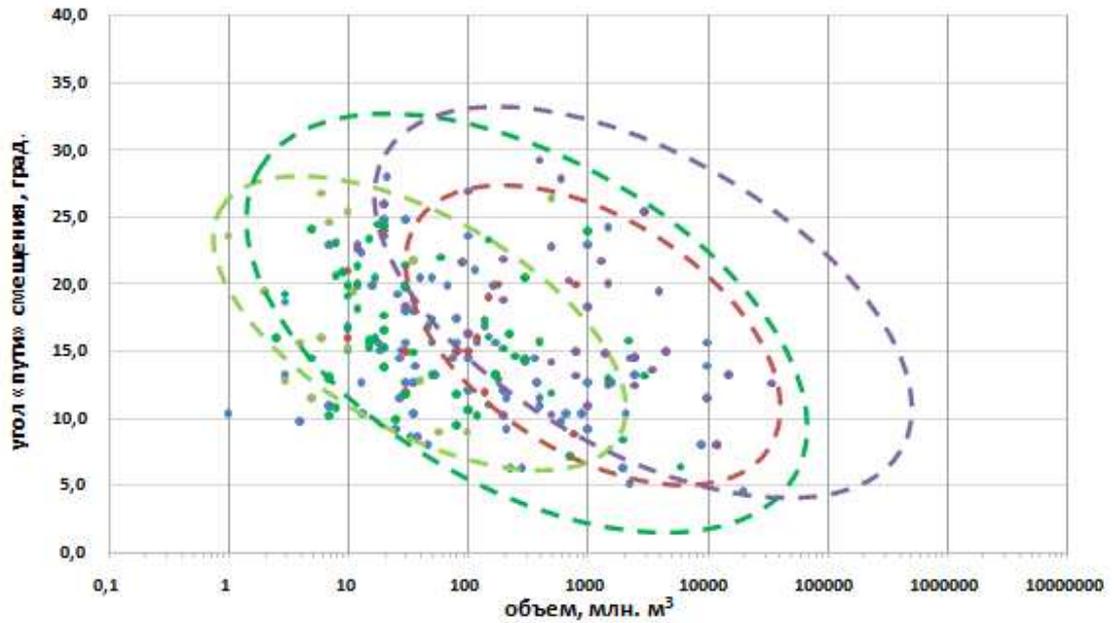
Важной составляющей предложенного понимания понятия "оползневые процессы" является принятие того, что перемещения при развитии оползневых процессов могут иметь различный механизм, включая не только скольжение, сдвиг и течение как основные механизмы смещения, детально рассмотренные ранее в многочисленных публикациях, но и специфические механизмы – опрокидывание (с обрушением), качение (роллерный механизм), "планирование" (смещение на воздушной подушке).

Схема развития оползневых смещений при опрокидывании (в англоязычных публикациях – "toppling") с последующим скольжением показана на рисунке 2.13, а пример такого рода смещений - на рисунке 2.14. Смещение при описываемом механизме их развития включают следующие этапы:

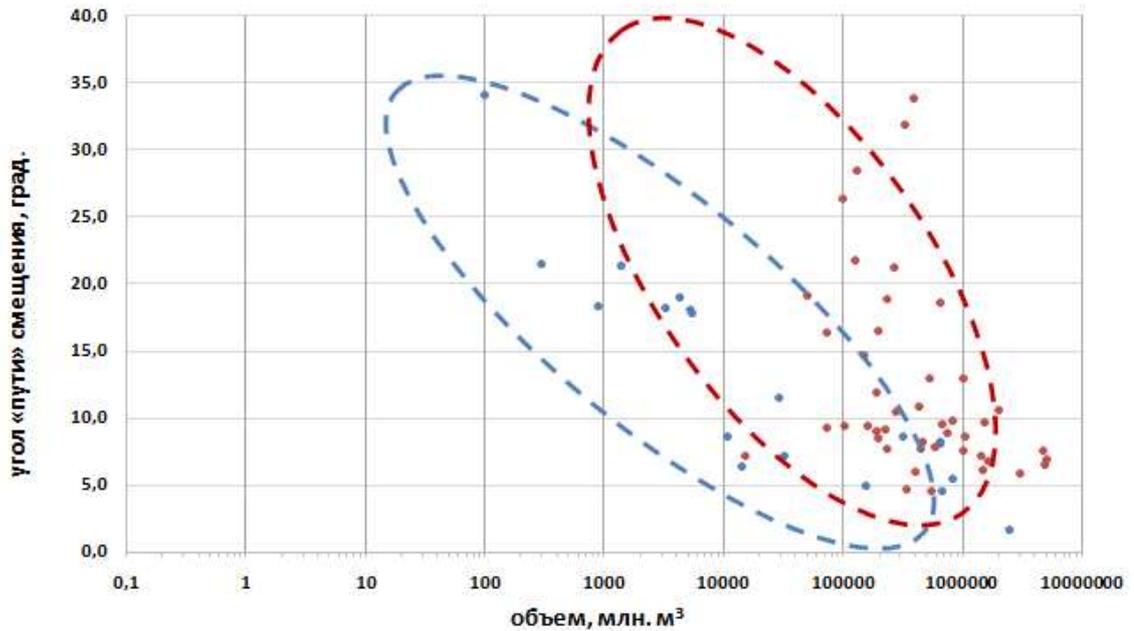
- 1) отчленение оползневого блока, для которого характерно существенное превышение его высоты фактической ширины основания;
- 2) начальное перемещение (сдвиг) оползневого блока по наклонной поверхности (плоскости скольжения);
- 3) опрокидывание оползневого блока в результате более быстрого перемещения в сторону понижения рельефа верхней части блока;
- 4) обрушение оползневого блока на поверхность склона (при первичных деформациях) или поверхность ранее образовавшихся оползневых накоплений (при вторичных деформациях), сопровождающееся дезинтеграцией массива грунтов, формирующего блок;
- 5) последующие перемещения дезинтегрированных масс вниз по склону.

Как следует из приведенного описания механизма оползневых смещений при опрокидывании (с обрушением), собственно опрокидывание, несмотря на значимую роль в основном перемещении и последующем формировании строения оползневых масс, является составной частью комбинации различных механизмов перемещения грунтов. Опрокидывание (с обрушением) при смещении оползневых масс приводит к обратному порядку материала (по составу обломочной составляющей) в сравнении с порядком залегания горных пород в ненарушенной части.

Схема развития оползневых смещений по механизму качения (в англоязычных публикациях – "rolling") показана на рисунке 2.15, а встреченные примеры образования «роликов» при оползневых смещениях приведены на рисунке 2.16. Смещение при описываемом механизме их развития включают следующие этапы:



а.



б.

Рис. 2.12. Зависимость расстояния смещения каменных лавин от их объема.

а. для земных условий (ускорение свободного падения – $9,8 \text{ м/с}^2$, угол наклона длинной оси – 30°)

- глобальные, по F.V. De Blasio, 2011
- Альпы, по A.Heim, 1932
- Центральная Азия, по A.L.Strom, 2018
- Новая Зеландия, по I.E.Whitehouse, 1983
- Каракорум-Гималаи, по K.Hewitt, 2009

б. для условий Марса (ускорение свободного падения – $3,7 \text{ м/с}^2$, угол наклона длинной оси – $40\text{-}60^\circ$)

- Марс, по De Blasio F.V., 2011
- долина Маринес (Марс) по Quantin C. et al., 2004

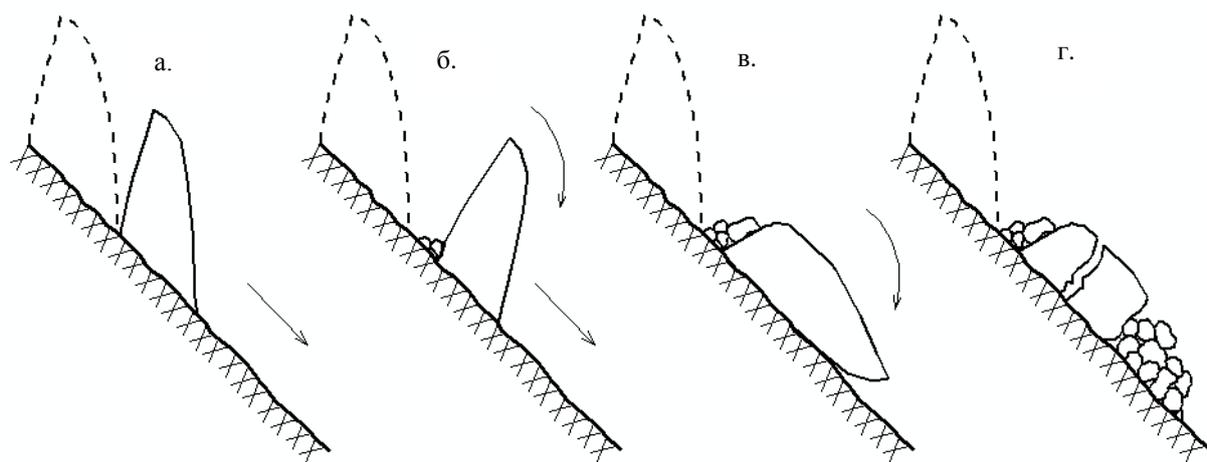


Рис.

2.13. Схема развития оползневых смещений при опрокидывании (в англоязычных публикациях – "toppling") и последующем скольжении (составлено О.В.Зеркалем с использованием материалов Т. Эрисманна [484]).

а. – отседание блока; б. – смещение (со сдвигом) блока с постепенным опрокидыванием; в. – обрушение блока на поверхность склона; г. – дезинтеграция блока с последующим перемещением материал вниз по склону.

1) формирование обломочной фракции в основании оползневого блока, которое может происходить:

- при дезинтеграции массива грунтов в основании оползневого блока до начала смещения;
- при смещении в результате соприкосновения по неровностям поверхностей в зоне между кровлей несмещающегося массива и подошвой движущейся оползневой массы;

2) механическое окатывание обломочной массы при оползневых смещениях с образованием «оползневых роликов»;

3) перемещение оползневых блоков (частично) по механизму качения (по рядам "оползневых роликов").

Из приведенного описания механизма оползневых смещений по механизму качения следует, также как и для смещений при опрокидывании, что "качение" является составной частью комбинации различных механизмов перемещения грунтов.

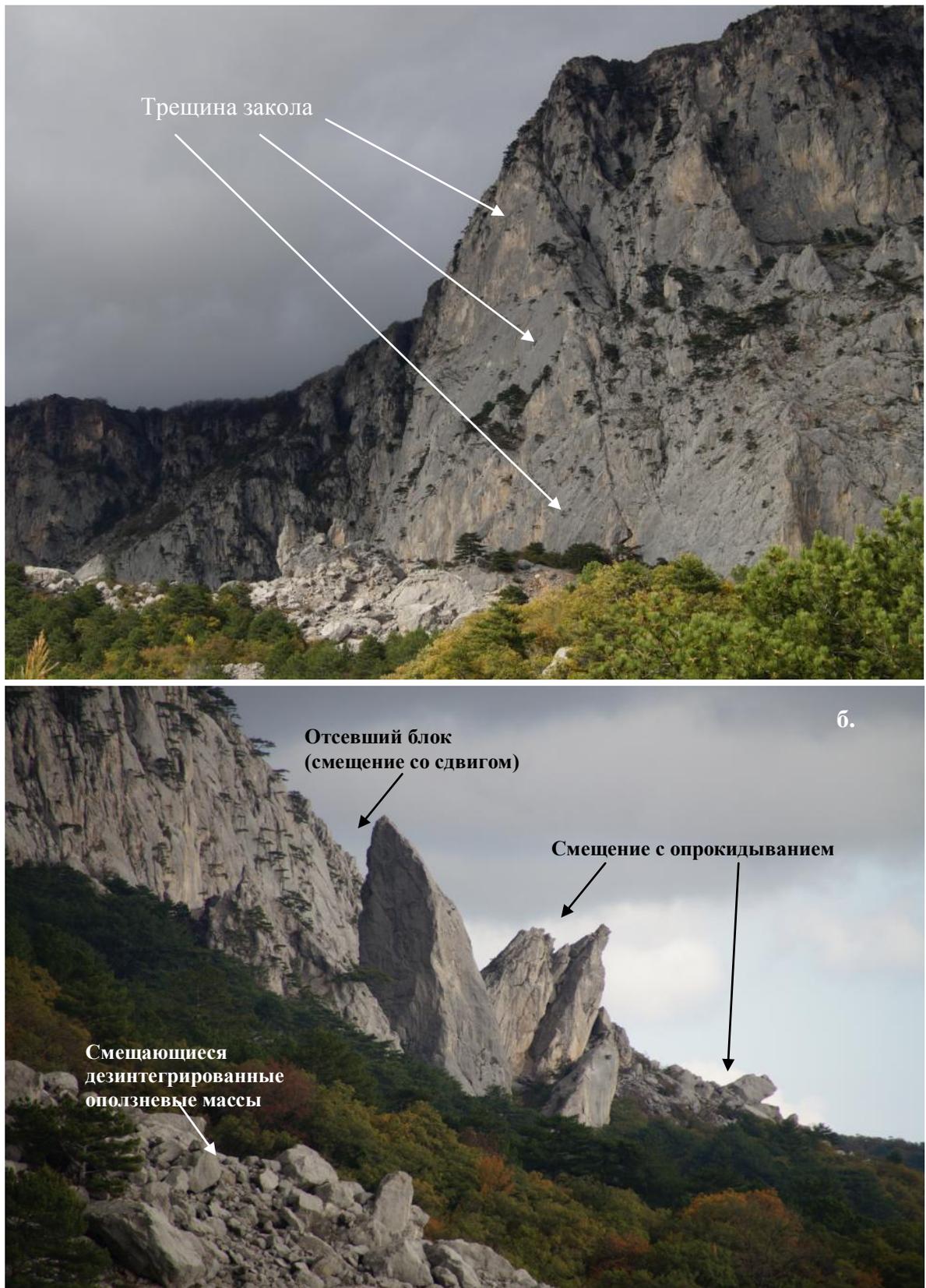


Рис. 2.14. Общий современный вид уступа Главной гряды Крымских гор (головная часть Кучук-Койского оползня (ЮБК)) на участках: а. - подготовки к смещению (заколами); б. - произошедших отчленение и смещений оползневых масс с опрокидыванием (фото О.В.Зеркаля).

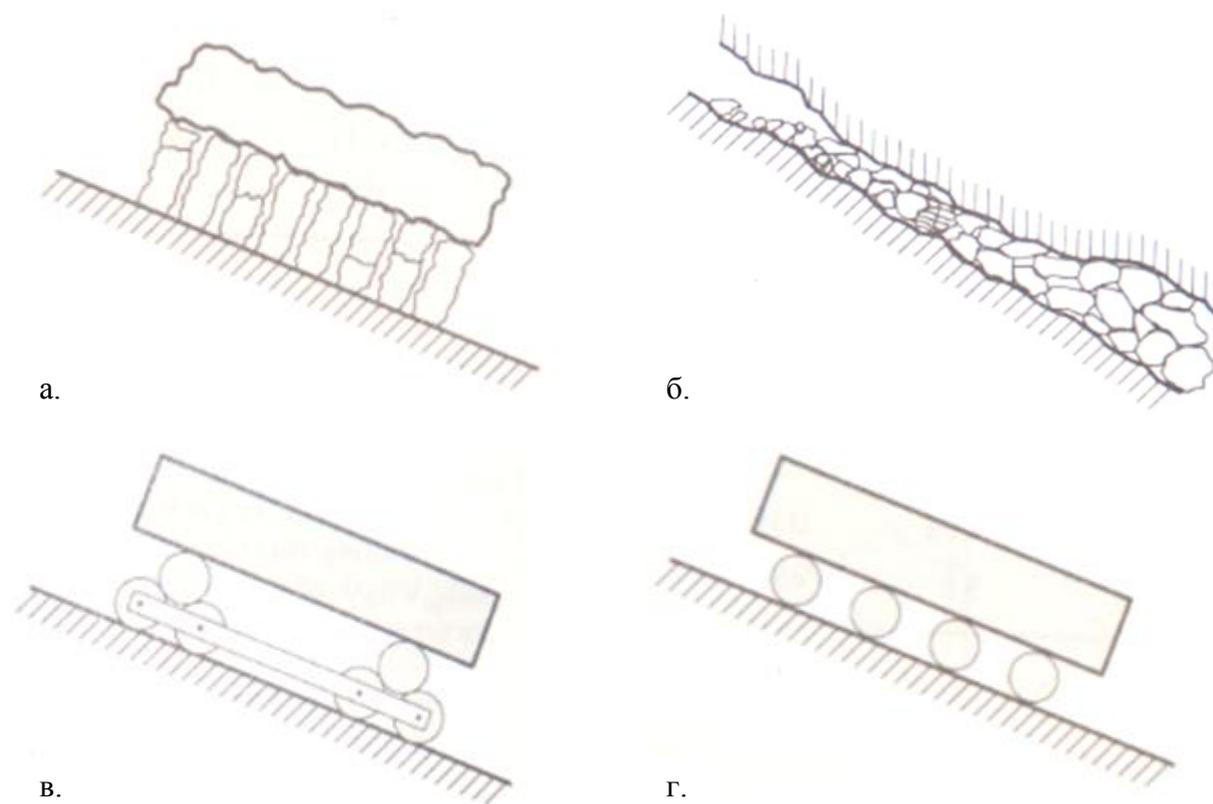


Рис. 2.15. Схема развития оползневых смещений по механизму качения (в англоязычных публикациях – "rolling") (приведено по Т. Эрисманна [484] с изменениями).

а. Схема образования обломочной массы в основании оползневого блока при дезинтеграции его нижней части до начала смещения (при опрокидывании обломков при перемещении создаются условия для начала их окатывания при движении - образования "оползневого ролика"); б. Формирование обломочной фракции в основании оползневого блока в результате соприкосновения по неровностям поверхностей в зоне между кровлей несмещающегося массива и подошвой движущейся оползневой массы; в. Идеализированная схема движения заблокированной между двумя плоскостями "связанной" массы (если нижние ролики катятся вниз (вращаются по часовой стрелке), то верхние ролики перемещают массу вверх (вращаются против часовой стрелки)); г. Идеализированная схема движения заблокированной между двумя плоскостями «связанной» массы по одному ряду (или нечетному числу) "роликов".

Принятие в качестве одного из механизмов развития оползневых перемещений "планирования" (смещения на воздушной подушке), схема образования которого показана на рисунке 2.17, позволяет объяснять anomalously высокие скорости движения оползневых масс. Так, например, по материалам обработки инструментальных данных, скорость смещения Кармадонской ледово-каменной лавины составляла 91,5 м/с (~329 км/час) [901], а скорость



Рис. 2.16. "Оползневые ролики", образовавшиеся в основании оползневых блоков при смещении различных оползней, фото О.В. Зеркаля.

а. В основании оползневого массива на участке «Воробьевы горы».

б. В основании оползневого массива в "Долине гейзеров" (03.06.2007)

в. В основании оползневого массива на участке "Могоул" (Красная Поляна).

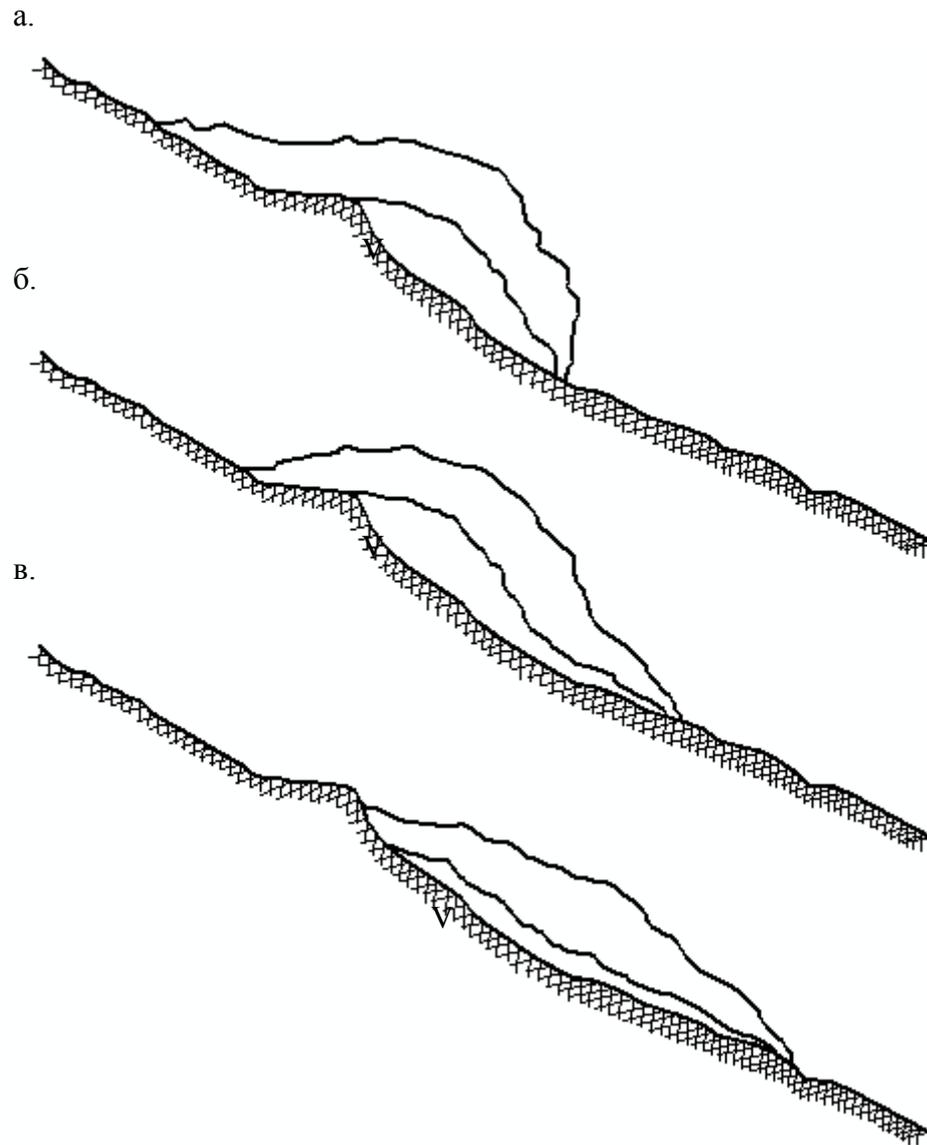


Рис. 2.17. Схема образования "воздушной подушки" при смещении "прыгающей" каменной лавины, происходящей с высокой скоростью (десятки м/с) (составлено О.В. Зеркалем с использованием материалов Т. Эрисманна [484]).

а. формирование "воздушной подушки" на неровности рельефа на траектории смещения; б. движение оползневых масс на "воздушной подушке"; в. завершение (торможение) смещения.

Объем воздушных масс под оползневым материалом (V) оценивается как приблизительно постоянный до момента резкого падения скорости смещения (торможения).

движения оползневых масс при образовании Буреинского оползня достигала 60 м/с (~216 км/час) [110, 902]. На рисунке 2.18 показаны остатки древесной растительности в средней части зоны смещения (зоны транзита) каменной лавины "Югон" (Yigong rock avalanche), где ее движение происходило на "воздушной подушке".



Рис. 2.18. Общий вид остатков древесной растительности в средней части зоны смещения (зоны транзита) каменной лавины "Югон" (Yigong rock avalanche), где ее движение происходило на "воздушной подушке" (приведено по [905]).

2.4. Учет характера начальной стадии развития оползневых деформаций и особенностей формирования оползневых тел при инженерно-геологических работах

Рассмотренные варианты расположения зон разрушения массива грунтов (зон отрыва) на начальной стадии развития оползневых деформаций и сценарии формирования и расположения зон накопления оползневых отложений (оползневых тел) (табл. 2.1) могут играть важную роль в формировании инженерно-геологических условий территорий предполагаемого техногенного освоения, что требует учета при планировании исследований и изысканий.

Традиционно геологические и инженерно-геологические процессы, включая оползневые процессы, рассматриваются как один из компонентов инженерно-геологических условий той или иной территории. В этом случае, как правило, характерном для условий развития оползней в присклоновых массивах (сценарии 1, 2a1 и 2a2 (частично) при вариантах 1 и 2 (частично), см.

табл. 2.1), оползневые явления по своей масштабности существенно меньше части геологической среды, в пределах которой предполагается возведение сооружения (рис. 2.19). При этом основания фундаментов сооружений могут либо частично располагаться в пределах оползневого тела (грунтов оползневого генезиса), либо находится в зоне существующего или прогнозируемого воздействия оползневых процессов, которые носят "внешний" характер (если оползень развивается на примыкающей территории).

Помимо описанной инженерно-геологической ситуации, в условиях развития крупномасштабных оползней, представляющих собой проявление склонообразующих процессов (сценарии 2а2 (частично) и 2б, при вариантах 2 (частично) и 3, см. табл. 2.1), часть геологической среды, в пределах которой предполагается возведение сооружения, может полностью располагаться в пределах оползневого тела (рис. 2.19). В этом случае оползневые процессы являются ведущим, определяющим фактором формирования инженерно-геологических условий площадки. При этом основания фундаментов сооружений и их заглубленные части (при наличии) будут полностью располагаться в пределах оползневого тела (грунтов оползневого генезиса) и могут быть подвержены деформациям в результате активизации оползневых процессов.

2.5. Выводы по главе 2.

Рассмотрение особенностей оползневых и других гравитационных склоновых процессов, их проявлений как объектов изучения, выполненный анализ особенностей оползневых процессов, проведенный в главе 2, позволяет сделать следующие выводы:

1. Современная понятийная база инженерной геологии (в части терминов и определений в области изучения оползневых процессов), основанная на теоретических разработках, опыте многих поколений геологов, инженер-геологов, достаточно полно отражает природу и особенности изучаемого объекта. При уточнении системы понятий оползневедения целесообразно использовать, по возможности, уже существующую понятийно-терминологическую базу.

2. В становлении взглядов на понимание природы оползней выделяется несколько периодов:

- конец XVIII в. - начало XIX в. - оползни рассматриваются как экстраординарные, изолированные геологические события;

- середина XIX в. - начало 30^х г.г. XX в. - образование оползней и других склоновых процессов связывается исключительно с деятельностью поверхностных и подземных вод, оползни рассматриваются как один из видов непунических процессов;

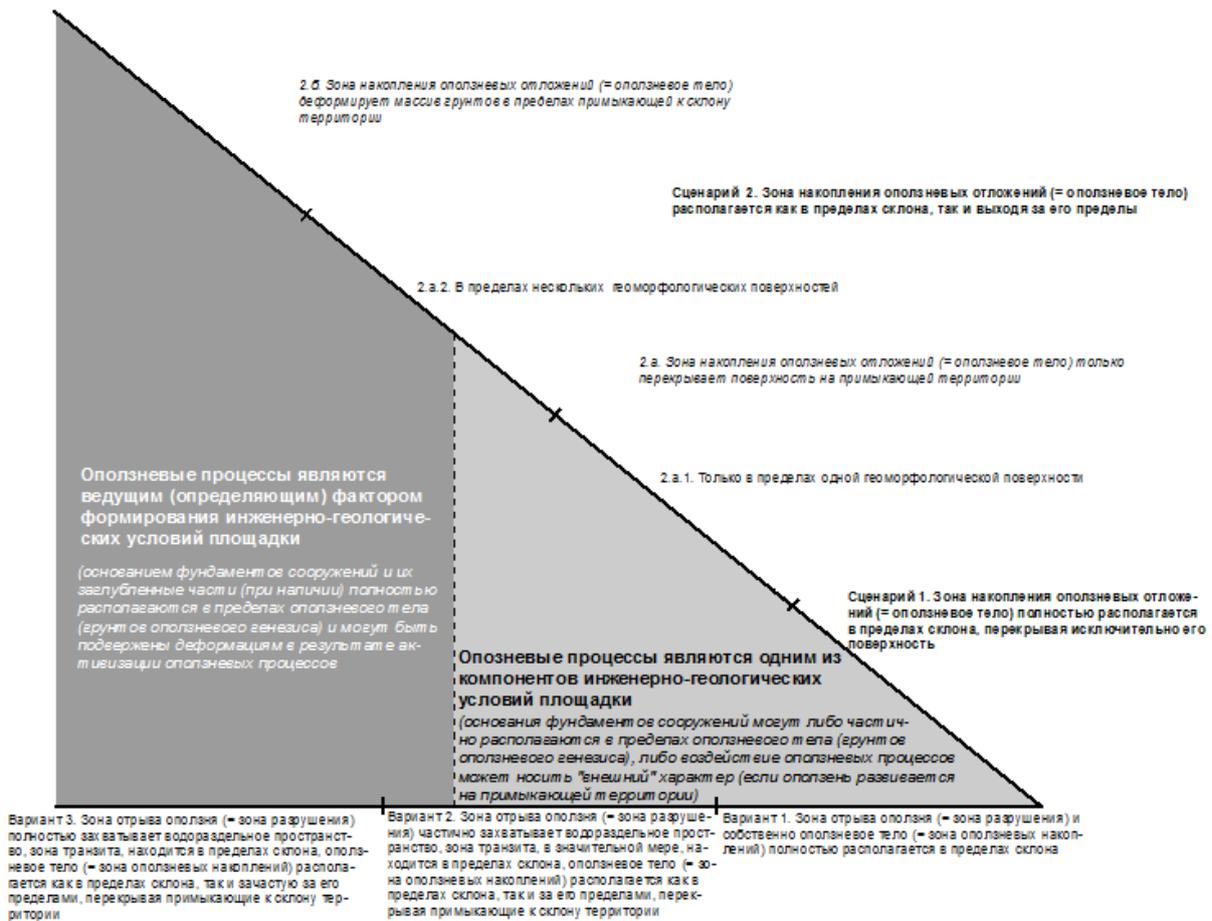


Рис. 2.19. Влияние характера начальной стадии развития оползневых деформаций и особенностей оползневых тел на формирование инженерно-геологических условий территории освоения.

- вторая половина 30^х г.г. XX в.- настоящее время - оползневые процессы рассматриваются как процессы, развивающиеся под действием силы тяжести, и выделяются в самостоятельную группу экзогенных геологических процессов.

3. В настоящее время большинством исследователей при определении термина "оползневые процессы" (или термина "оползни", в трактовке как процесса) в качестве ведущего признака, на основании которого проводится их выделение среди всей совокупности геологических процессов, принимается факт развития оползневых процессов под действием гравитации.

Помимо этого, при определении термина "оползневые процессы" (или термина "оползни", в трактовке как процесса) также используется еще 11 признаков, основными среди которых являются:

- факт развития "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) как результата смещения горных пород, грунтов (в различных вариантах определений) вниз по

склону;

- факт образования "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) в результате нарушения равновесия действующих сил в массиве горных пород, формирующих склон.

Вместе с тем, отмечается существенное расхождение в понимании, какой механизм перемещения присущ смещениям горных пород, грунтов (в различных вариантах определений) при развитии "оползневых процессов" (или "оползней", в трактовке как процесса) - либо только в виде скольжения, допуская движение в виде течения, но всегда без потери контакта с неподвижной частью массива, либо все разновидности движений горных пород грунтов на склонах под действием гравитационных сил, исключая только обрушения в карстовые полости/техногенные пустоты.

4. Проведенный анализ современных взглядов на определение термина "оползневые процессы", основных признаков, включаемых в определение этого термина для выделения оползневых процессов среди всей совокупности геологических процессов, показал, что рассматриваемое содержание приведенных определений понятия "оползневые процессы" (или "оползня", в трактовке как процесса) не обеспечивает выделение оползней в ряду других геологических склоновых процессов (делювиальных, пролювиальных и др.) в качестве отдельного типа процесса.

5. "Видовым" признаком, позволяющим вычленять "оползневые процессы" среди других склоновых геологических процессов, является "перемещение массивов грунтов при развитии оползней происходит без действенного участия внешних агентов (воды, воздуха, льда и т.д.)".

6. Перемещения при развитии оползневых процессов могут иметь различный механизм, включая не только скольжение, сдвиг и течение как основные механизмы смещения (без потери контакта с неподвижной частью массива), но и специфические механизмы – опрокидывание (с обрушением), качение (роллерный механизм), "планирование" (смещение на воздушной подушке), при которых может иметь место частичная потеря контакта с неподвижной частью массива.

7. Оползневые процессы представляют собой не только склономоделирующие процессы, развивающиеся исключительно в присклоновых частях массивов грунтов, но и являются процессами склонообразующими (как один из видов процесса педипленизации), в тех случаях, когда происходит образование новых склоновых массивов грунтов.

ГЛАВА 3. ОПОЛЗНИ КАК ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ЯВЛЕНИЯ

3.1. Концептуальные подходы и направления предметного рассмотрения оползней как природных и природно-техногенных явлений

В рамках теории познания объективно существующее явление, описываемое понятием "оползень", может рассматриваться двояко. С одной стороны, объект описываемый термином "оползень", может представлять собой статическую систему (либо как вещественный объект - геологическое тело, в т.ч. выраженное на дневной поверхности в специфической форме рельефа, либо в виде поля - поля распределения напряжений, энергетического поля) на определенном фиксированном временном интервале. С другой стороны, термином "оползень" может быть названа динамическая система, т.е. процесс как собственно перемещение или как преобразование энергии (потенциальной в кинетическую), что обуславливает необходимость учета временной компоненты (в реальном, а не геологическом времени). Исходя из этого, можно сделать вывод, что этот термин "оползень" является сложным, многоаспектным, что показал и подтвердил вышеприведенный анализ трактовки, понимания термина "оползень". Поэтому его применение в научных исследованиях, направленных на изучение "оползней", требует четкой формулировки и указания какой из аспектов рассматриваемого объекта является предметом изучения.

Понятийный аппарат оползневедения отличается полисемантической, обнаруживает множество смыслов, вкладываемых специалистами - представителями разных научных школ в общие понятия, определяющие базовые термины. Это обусловлено тем, что "опредмечивание", т.е. определение предмета исследований, имеет множественную реализацию, зависящую от выбора признаков, принимаемых за основные при идеализации объекта в рамках тех или иных направлений научных исследований.

Результаты выполненного автором в ходе диссертационного исследования анализа развития взглядов на содержания понятия "оползень" позволяют отметить, что в настоящее время можно говорить о наличии в науках о Земле нескольких концептуальных подходов в рассмотрении оползней как природных (природно-техногенных) явлений, которые могут быть, с определенной степенью условности, определены как геологический, геодинамический, геомеханический, геоморфологический и ландшафтный подходы.

Геологический подход в рассмотрении "оползней" ориентирован в первую очередь на анализ отложений, формирующихся при оползании. Базовым положением геологического

подхода в рассмотрении оползней является трактовка термина "оползень" (для крупномасштабных проявлений в морских условиях – "олистостром") прежде всего как геологического тела, характеризующегося собственным строением и границами, формирующегося в результате смещения материала под действием гравитационных сил. Одной из особенностей геологического подхода при изучении склоновых деформаций является выявление, описание строения, текстурных особенностей оползневых образований, проводимых для уверенного их распознавания и выделения, обоснования их генезиса [12, 418]. Важным элементом изучения отложений, образовавшихся в результате гравитационных смещений, в составе геологического подхода, является их фациальный анализ, исходя из результатов которого делаются выводы о развитии тех или иных произошедших деформаций, особенностях строения оползневого тела и механизма его перемещения [287, 419, 476, 478, 518, 869 и др.].

При этом, оползневые толщи (как деляпсий), в особенности крупномасштабных оползней (в т.ч. оползней-обвалов и каменных лавин), рассматриваются как характеристики современных геологических и тектонических условий, в т.ч. сейсмической активности территорий на континентах. Одновременно, олистостромовые толщи, также трактуемые как результат оползне-обвальных смещений, рассматриваются как индикаторы тектонических обстановок, существовавших при их формировании в различные предшествующие геологические эпохи, и изучаются с целью расшифровки особенностей геологической эволюции той или иной территории [492, 493].

Рассмотрению внешних факторов, явившихся причинами склоновых деформаций, в рамках геологического подхода уделяется второстепенная роль, если они имеют геологическую природу, или они не анализируются, в случае, если они являются "внешними" по отношению к литосфере.

Отличительной чертой геологического подхода в рассмотрении склоновых процессов является превалирование, в первую очередь, нарративных принципов изучения оползневых явлений.

Геодинамический подход в рассмотрении оползней, по существу является основным подходом при изучении оползневых и других склоновых процессов в рамках инженерной геодинамики в целом, и в оползневедении, в частности. Одним из основных положений геодинамического подхода в рассмотрении деформаций склонов является трактовка оползневых и других склоновых процессов как процессов, протекающих исключительно в геологической среде, т.е. ниже верхней границы литосферы, что отличает геологические воззрения от взглядов, принятых при географических (геоморфологических, ландшафтных) исследованиях, рассмотренных ниже. Вместе с тем, в рамках геодинамического подхода

принимается, что потеря устойчивости склонов может вызываться не только под влиянием особенностей геологического строения склонов и различных геологических воздействий, в т.ч. эндогенных, но и факторами, внешними по отношению к литосфере. Одновременно с этим, при геологическом изучении территорий склонов обязательно подчеркивается, что оползневые и других склоновые процессы относятся к *гравитационным* склоновым процессам, имея ввиду, что в пределах склонов могут иметь место развитие и других типов геологических процессов (например, различные виды эрозионных процессов, делювиальные процессы и др.), ведущей силой развития которых является, в частности, перенос вещества различными природными агентами (ветром, движущейся водой, ледниками).

Другой особенностью геодинамического подхода в рассмотрении оползневых и других гравитационных склоновых процессов является разделение всего спектра склоновых процессов по признаку нарушения/сохранения сплошности литосферы с выделением собственно оползней (в широком смысле) как смещений, происходящих без существенного нарушения сплошности геологического массива (в результате скольжения, сдвига одной части массива относительно другой, течения грунтов, перешедших в иное состояние), и обособлением, в противовес первым, деформаций, для которых характерно при перемещении отчленение части горных пород от основного склонового массива (в результате «чистого» обрушения, опрокидывания и др.).

Вместе с тем, в рамках геодинамического подхода также уделяется внимание как геологическим телам, так и формам рельефа, формирующимся в результате оползневых деформаций склонов. Однако, как отмечалось выше, их рассмотрение носит скорее "вспомогательный" характер, и направлено, в первую очередь, на выяснение скорее причин, характера и механизма произошедших смещений.

Таким образом, в составе геодинамического подхода рассмотрение понятия "оползень", точнее - "оползневого процесса", как геологического события включает в себя, помимо собственно геологического процесса (в виде смещения под действием силы тяжести) и образующегося геологического тела, характеризующегося формой, также причины и факторы, вызвавшие это геологические явления, учитываемые при анализе процесса подготовки склоновых деформаций.

Геомехнический подход в рассмотрении оползней заключается в представлениях о развитии деформаций склонов через призму их формализации и строгого описания изучаемого явления и, как следствие, не может быть выполнено без использования математики и механики (механики твердого тела и/или механики жидкости). При этом, решаемая проблема распадается на две общие подзадачи, первая из которых заключается в количественном анализе устойчивости склонов, решаемой в рамках специального раздела статике [331], а вторая

ориентирована на разработку решений, позволяющих оценивать поведение геологических тел, находящихся в движении. Наиболее разработанным в настоящее время является первое направление.

Фундаментальными, в составе геомеханического подхода в рассмотрении оползней, являются представления о том, что всякое геологическое тело, находящее в гравитационном поле Земли, обладает потенциальной энергией, которая может быть оценена количественно. Поскольку гравитационное поле консервативно, то потенциальная энергия зависит от собственного положения геологического тела и его массы [294]. В горных породах, образующих склоновые массивы, под воздействием гравитационных сил, формируются поля напряжений, что при наличии градиента гравитационного поля и при наличии внешних воздействий и неоднородностей может способствовать выводу элементов твердой (геологической) среды из положения равновесия и возникновению конечных смещений (деформаций), которые также могут быть оценены количественно. Сохранению положения равновесия, препятствуя началу деформаций, способствуют прочностные характеристики грунтов, которые тоже могут быть описаны количественно. Соответственно, возможность развития склоновых деформаций может быть оценена на основе количественного анализа соотношения сдвигающих и удерживающих сил, действующих в склоновом массиве грунтов. Концептуальные представления о природе развития деформаций склонов в рамках геомеханического подхода показаны на рисунке 3.1. При этом очевидно, что при геомеханическом подходе устойчивость склона рассматривается как градуированное состояние массива грунтов, зависящее от баланса сдвигающих и удерживающих сил.

Особенностью описания склоновых массивов в рамках геомеханического подхода при рассмотрении оползней является обязательность выполнения требований о получении исходных количественных показателей, характеризующих грунты, в первую очередь, значений их физико-механических свойств и данных об их изменчивости, наличии и особенностях существующих геологических неоднородностей (элементов залегания, ориентировки трещин и др.), показателей, дополнительно влияющих на напряженно-деформированное состояние массива грунтов (уровни и градиент фильтрационного потока, сейсмичность и др.), а также характеристик собственно склонов (в т.ч. при трехмерном анализе - в виде цифровых моделей рельефа).

Инженерно-геологические данные о механизме деформаций при развитии оползневых процессов в составе геомеханического подхода при решении задач поведения геологических тел, находящихся в движении при смещениях на склонах, выступают в качестве одного из начальных условий при выборе метода количественной оценки устойчивости склонов.



Рис. 3.1. Концептуальные представления о природе развития деформаций склонов в рамках геомеханического подхода (приведено по В. D'Elia с соавторами [452]).

Помимо работ по изучению оползневых и других склоновых процессов в рамках, как динамической геологии, так и инженерной геологии, представляющих собой науки геологического цикла, исследование процессов, развивающихся на склонах, также проводится в составе геоморфологии – научной дисциплины географического цикла.

Следует отметить, что при "географическом" изучении оползней выработался несколько иной подход к рассмотрению этих явлений, в определенной степени отличающийся от "геологического", что обусловлено особенностями предмета изучения в геоморфологии и используемых при этом методических приемов, в рамках которых более существенную роль играют понятия географической среды и климато-геоморфологических ландшафтов, применяемых методов изучения отдельных составляющих не геологических, а географических условий.

Геоморфологический подход. Базовой точкой зрения при геоморфологических исследованиях является рассмотрение рельефа с его уже созданными или еще формирующимися чертами. С точки зрения геоморфологии [278, с. 8]:

"... рельеф - совокупность неровностей земной поверхности. Физически это поверхность литосферы, т.е. поверхность твердого тела, иначе говоря, материальная поверхность. Она обладает определенной геометрией, которая хорошо передает ее свойства в трехмерном

пространстве. ... эта поверхность служит границей между литосферой, с одной стороны, и гидросферой и атмосферой - с другой. ... Таким образом, поверхность литосферы, рельеф которой изучает геоморфология, - это поверхность раздела вещества, находящегося в трех фазах: твердой, жидкой и газообразной. В силу этого в приповерхностном слое, как выше, так и ниже его, активно протекает обмен веществом и энергией. В результате указанного взаимодействия изменяется рельеф."

Следует отметить, что с геологической точки зрения ряд утверждений, очевидных с геоморфологических позиций, например, о том, что рельеф представляет собой поверхность раздела между литосферой и гидросферой, не являются в полной мере обоснованными, что, в частности, в дальнейшем влияет на выбор и учет тех или иных факторов, обуславливающих развитие оползневых процессов.

Таким образом, центральными понятиями геоморфологии выступают рельеф, механизмы и процессы его развития. При этом склоновые процессы, включая оползни, рассматриваются в качестве агентов формирования рельефа, в частности, способствующих перемещению материала в приповерхностном слое (над или под дневной поверхностью), что составляет сущность экзогенного рельефообразования. Поскольку эти явления протекают одновременно или под влиянием одних и тех же процессов, этот сложный процесс в настоящее время определяется одним термином – морфолитогенез, а процесс перемещения материала (с точки зрения геологов - отложений) – потоком вещества.

Другим аспектом, важным с точки зрения геоморфологического подхода в рассмотрении склоновых процессов (также нередко используется термин «массовые движения») является тот факт, что развитие оползневых и других склоновых процессов всегда приводит к изменению существующих форм рельефа. В одних случаях они невелики и существенно не изменяют характера земной поверхности, в других - грандиозны и вносят значительные преобразования в морфологию дневной поверхности, частью которой являются склоны. При этом, когда говорится об изменениях рельефа, его динамике, то эти изменения, вызванные склоновыми процессами, при геоморфологическом подходе представляются через описание тех или иных характеристик рельефа как поверхности. Главными из такого рода характеристик выступают изменения положения в пространстве отдельных форм рельефа или его элементов - вершин, перегибов, склонов и их подножий и т.д., которые обычно сопровождаются изменениями абсолютных и относительных высот, углов наклона поверхностей, размеров, характера и соотношения элементов рельефа (гребни, тальвеги, трещины как линейные пустотные формы и др.), осложняющих поверхности. Эти поверхностные изменения могут сложно накладываться друг на друга, чередуясь как в пространстве, так и во времени.

Именно рассмотрение "оползня" как формы рельефа, ее анализ через призму

трансформации земной поверхности, является ключевым аспектом геоморфологического подхода. При этом, оползневые процессы, с позиции геоморфологического подхода в их изучении, представляют собой одним из характерных звеньев в истории развития рельефа.

Подводя итог анализа геоморфологического подхода в рассмотрении склоновых процессов, можно отметить, что его ключевой особенностью является разделение всего разнообразия склоновых процессов на процессы, происходящие ниже дневной поверхности, т.е. в геологической среде, являющейся объектом изучения наук геологического цикла, и на процессы, развивающиеся собственно на дневной поверхности, находящиеся в фокусе исследований, проводимых в рамках различных научных направлений в географии – динамической геоморфологии, лавиноведении, селеведении и т.д. Другой отличительной чертой геоморфологического подхода в рассмотрении склоновых процессов является превалирование, в первую очередь, морфометрических методов в анализе склоновых явлений.

Ландшафтный подход. В основе ландшафтных исследований оползней лежит генетический принцип изучения природных (ландшафтных) комплексов в ранге сложных или простых урочищ [19]. Выделение генетических типов ландшафтно-оползневых комплексов проводится с учетом основной причины потери устойчивости склонами (гидрогеогенные, гидрогенные, климатогенные, сейсмогенные и др.). Оползневые ландшафты, к которым относятся ландшафты, в формировании и строении которых оползневые смещения играют ведущую роль, рассматриваются как генетически единые, контрастные природно-территориальные комплексы (геосистемы), характеризующиеся структурно-функциональной целостностью, повышенной (за счет гравитационной энергии) энергонасыщенностью и переменным (динамическим) состоянием, определяющемся упорядоченным (системоформирующим) потоком вещества и энергии, подчиненных силам гравитационного поля и стекающей воды.

С позиции ландшафтного подхода "оползни" представляют собой саморегулирующиеся системы, в которых изменения одного участка местности могут служить причиной цепочки взаимосвязанных явлений. Вместе с тем, результирующая совокупного такого рода взаимодействий всегда направлена на восстановление равновесного состояния участка местности, поддержание его в наиболее стабильной форме.

При анализе более обширных территорий (как ландшафтов) собственно оползни рассматриваются как "вкрапления" (в ранге элемента ландшафта), отличающиеся от своего окружения (ландшафтной матрицы) [400, 494].

Подводя итоги выполненного автором в ходе диссертационного исследования анализа концептуальных подходов и направлений предметного рассмотрения оползней, можно сделать вывод, что в настоящее время обособливается пять основных подходов к выделению "ведущего

признака", предопределяющего направление изучения "оползней" в рамках тех или иных научных исследований. В рамках выделяемых подходов даются следующие трактовки понятию "оползень" (обобщенно):

Геологический подход, рассматривающий **оползень-как-"геологическое тело"** ("*оползневое тело*"), – геологическое тело, характеризующееся собственным строением и границами, формирующееся в результате смещения материала под действием гравитационных сил.

Геодинамический подход, рассматривающий **оползень-как-"геологический процесс"** ("*оползневые процессы*"), - разнообразное собственное движение (перемещение) вниз по склону некоторого объема грунтовых масс под действием гравитационных сил (преимущественно без потери контакта с подстилающей толщей (оползни) или отрывом (обвалы)), дестабилизированных под влиянием естественных или искусственных причин, имеющих как внутренний, так и внешний характер относительно склонового массива грунтов.

Геоморфологический подход, в рамках которого **оползень-как-"форма рельефа"** ("*оползневой рельеф*"), – форма рельефа, формирующаяся в результате смещения материала под действием гравитации.

Геомеханический подход, рассматривающий **оползень-как-"элемент массива грунтов"**, - элемент твердой (геологической) среды, либо находящийся в состоянии предельного равновесия, либо вышедший из состояния равновесия под воздействием градиента гравитационного поля (формирующего поле напряжений), характеризующийся возникновением конечных необратимых деформаций (перемещений).

Ландшафтный подход, трактующий **оползень-как-"ландшафт"** ("*оползневой ландшафт*"), - генетически единый, контрастный природно-территориальный комплекс (геосистема), характеризующийся структурно-функциональной целостностью, повышенной (за счет гравитационной энергии) энергонасыщенностью и переменным (динамическим) состоянием, определяющимся упорядоченным (системоформирующим) потоком вещества и энергии, подчиненных силам гравитационного поля и стекающей воды.

Возможное соотношение различных подходов и направлений в предметном рассмотрении оползней показано на рисунке 3.2.

Для решения задач, поставленных в настоящей работе, использовалось преимущественно сочетание геологического и геодинамического подходов.

3.2. Оползень как результат естественно-исторического процесса

Изучение закономерностей распространения, формирования оползней является одной из

важнейших задач в инженерной геодинамике. Одновременно, знания о закономерностях развития оползней являются отправной точкой для поиска решения другой задачи, изучаемой в рамках инженерной геодинамики, – оценки опасности и прогнозирования оползневых процессов для обеспечения устойчивого и безопасного освоения территорий, безопасности эксплуатации зданий и сооружений. Любые научные исследования начинаются с определения объекта изучения, его вычленения в природной среде.

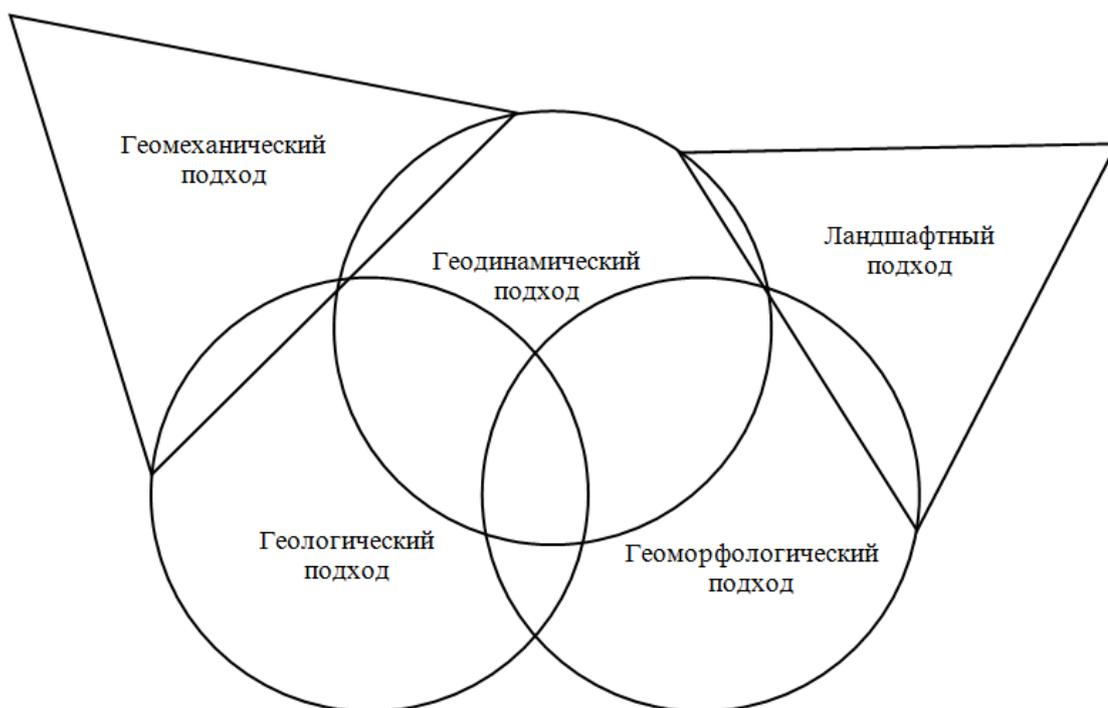


Рис. 3.2. Соотношение подходов и направлений в предметном рассмотрении оползней.

Вычленение части геологической среды в качестве объекта для непосредственного изучения, независимо от используемого подхода при дальнейшем рассмотрении, в составе конкретных исследований проводится различными способами. Во многих случаях в инженерной геологии и смежных дисциплинах выбор объекта, который определяется способами расчленения геологической среды, осуществляется исходя из возникшей задачи, решение которой опирается на уже выработанные понятия. Иными словами, возникает ситуация, когда выбор объекта для изучения предопределен независимым от нас фактом существования объекта, образовавшегося в результате как бы "естественного" его вычленения, который необходимо, по возможности, всесторонне познать, изучить его сущность. Именно так, во многом могут быть охарактеризованы существующие теоретические принципы определения оползней как объектов изучения, "отделяемых" от остальной части геологической среды самой природой естественными границами при их формировании. Вместе с тем, если для существующих, образовавшихся оползней, характеризующихся во многих случаях четко

очерченными границами, имеющими строение и форму, эти принципы могут быть успешно использованы, то для решения задач прогнозирования, оценки оползневой опасности, когда оползней еще нет, они не образовались, не существуют (они гипотетические, по сути – "идеальные", объекты), описанный подход является неприменимым. При этом, также возникает общетеоретическая проблема, связанная с тем, что инженерная геология, как и геология в целом, относятся к естественным наукам, т.е. объекты изучаемые этими науками безусловно являются "материальными". Таким образом, использование вышеописанных теоретических принципов не позволяет вычленивать часть природной (геологической) среды для изучения, обосновано отделить ее от других и разъяснить смысл и порядок действий при познании объекта - оползнеопасного участка, в пределах которого в будущем, возможно, реализуются, а возможно – нет, склоновые деформации. Иными словами, определить методы его изучения.

Ранее было предложено решать описанную методологическую проблему на основе использования одного из базовых утверждений широко применяемого в геологии метода актуализма, как части сравнительно-исторического метода, - **"настоящее является ключом к прошлому"**, т.е. не выходя за рамки научной установки на познание реальности "такой, как она есть", во многом присущей геологии в целом, и инженерной геологии, в частности.

Реализацией, применением для прогнозирования оползней метода актуализма, как части сравнительно-исторического метода, явилось развитие сравнительно-геологического метода. В инженерной геодинамике сравнительно-геологический метод (или метод геологических аналогий) был разработан и внедрен Г.С. Золотаревым во второй половине XX в. [116, 117]. Сущность рассматриваемого метода заключалась в поиске и выборе характеристик, признаков сходства инженерно-геологических условий между участками, где образование оползней уже произошло, и участками, для которых требуется дать прогноз. Вместе с тем, в дальнейшем, выявилось серьезное теоретическое препятствие применению метода геологических аналогий – признание уникальности любого геологического объекта как природного объекта, сформировавшегося в результате случайного, неповторяющегося сочетания условий его формирования [87, 321, 339, 500, 599, 600, 606, 741]. В частности, Р.А. Жуков и Э.М. Пинский предлагают рассматривать "закон уникальности" - "геологические объекты уникальны - их свойства неповторимы во времени и пространстве" как "главный закон геологии", на основе которого делается вывод о том, что "не существует даже двух геологических объектов, полностью тождественных по объективно бесконечному множеству их свойств" [87, с. 85]. В.Т. Фролов подчеркивал, "что единично, неповторимо, уникально и в полном объеме не восстановимо даже виртуально" [321, с. 24]. В.А. Королёв отмечает, что каждый уникальный по своей природе процесс имеет "не только общие черты с себе подобными, но и всегда чем-то отличается от них" и это требует "учета в процессе

изучения процессов всех конкретных условий, в которых они развиваются: места, времени, конкретной сложившейся обстановки" [145, с. 20]. Иными словами, в природе фактически полностью исключается повторение, дублирование геологических ситуаций, при которых происходит развития оползневых смещений, даже в условиях действия сходных внешних воздействий, и абсолютно не допускается наличия полной аналогии. Это существенно снижается эффективность, обоснованность и достоверность научных результатов, выводов, получаемых с использованием метода геологических аналогий.

Принцип актуализма также использовали разработчики метода геодинамического потенциала (другое наименование - метод оползневого потенциала), в рамках которого закономерности развития оползней анализировались, оценивались, опираясь на существующую, фактическую оползневую пораженность [70, 71]. Однако, в результате из рассмотрения при прогнозировании (в рамках начальных версий метода) выпадали территории с отсутствием оползней. Последующие модификации метода оползневого потенциала, расширяющие анализ на области, не пораженные оползнями, с учетом весовой оценки влияния факторов оползнеобразования, были попытками преодоления недостатка описываемого метода.

Таким образом, можно сделать вывод, что для решения задач прогнозирования, оценки оползневой опасности, когда оползней еще нет, они не образовались, не существуют, научные установки на познание реальности "такой, как она есть", базирующейся на методе актуализма, во многом присущие геологии в целом, и инженерной геологии, в частности, не работают, т.к. реальность (образование оползня) фактически еще не наступила. Как следствие, одно из базовых утверждений широко применяемого в геологии метода актуализма, как части сравнительно-исторического метода, - "настоящее является ключом к прошлому", не может выступать в качестве теоретической предпосылки исследований, т.к. не позволяет решать задачи прогнозирования, оценки оползневой опасности, рассматривающие будущие состояния геологической среды. Основной проблемой в этом случае является то, что объект изучения должен возникнуть в будущем, т.е. в настоящем, в момент проведения работ его не существует, он является "идеальным", не являясь объектом изучения в рамках естественно-научных дисциплин.

Фактическим следствием возникшего парадокса явилось отсутствие теоретической обоснованности исследований по прогнозированию развития оползневых процессов, что стало одним из оснований (в рамках работ по развитию теории инженерной геологии как науки геологического цикла) отнесения этого направления исследований к нерешенным инженерно-геологическим проблемам.

Учитывая необратимость времени, образно рассматривая шкалу времени в виде вектора ("стрелы времени"), можно отметить, что метод актуализма анализирует иной, относительно

"точки настоящего", отрезок на шкале времени относительно периода возникновения оползней, рассматривающихся в качестве "объекта изучения" (рис. 3.3). Решением возникшей ситуации является расширение, дополнение базовых утверждений в геологии тезисом, предложенным Д.Д. Варнсом: **"прошлое и настоящее - ключи к будущему"** (англ. - **"the past and present are keys to the future"**) [850, р. 10]. Предложенное Д.Д. Варнсом утверждение в свою очередь основывается на принципе непрерывности Г.В. Лейбница, гласящего, что "все в универсуме связано таким образом, что настоящее таит в себе в зародыше будущее и всякое настоящее состояние естественным образом объяснимо только с помощью другого состояния, ему непосредственно предшествовавшего" [173, с. 211-212].



Рис. 3.3. Период возникновения оползней на шкале времени при прогнозировании развития деформаций склонов.

Иными словами, при изучении развития оползневых процессов следует принимать, что "настоящее фактически зависит от прошлого" [630, р. 32], т.е., по существу, современное развитие оползней зависит от предшествующих (ранее существовавших) состояний инженерно-геологических условий, предопределяя "историчность" оползневых процессов. В то же время, ожидаемое (в будущем) развитие оползней "фактически зависит от того, каким будет настоящее" [630, р. 32], т.е. зависит от наблюдаемых в текущий момент инженерно-геологических условий.

Таким образом, принцип непрерывности Г.В. Лейбница выступает общенаучной теоретической основой, позволяющей связывать в единую последовательность (в пространстве и времени) совокупность действия факторов и явлений, приводящих, в конечном итоге, к потере устойчивости склоном, рассматривая процесс оползнеобразования через призму естественно-исторического развития территории.

Вторым важным вопросом является то, что оползневые процессы являются не одномоментными. Развитие оползней занимает определенный временной отрезок – от крайне быстрых (десятки секунд – первые минуты) до крайне медленных (годы, десятилетия и больше). Иными словами развитие склоновых деформаций также может характеризоваться определенной историей.

Следует отметить, что проблема "историчности" оползней при их изучении рассматривалась и ранее. В частности, Ф.П. Саваренский, говоря об истории оползня, увязывал это понятие с изменчивостью интенсивности движения - "сначала медленное движение, а потом переходящее в скорое или даже катастрофическое, сменяющееся затем опять на медленное" [267, с. 34]. Е.П. Емельянова дает четкое обоснование "историчности" оползневых смещений: "Оползневой процесс является необратимым, существовавшее до оползания состояние никогда не восстанавливается, сместившиеся вниз массы никогда обратно вверх не поднимаются" [81, с. 73], добавляя в дальнейшем [83, с. 56]:

"После оползневого смещения склон приобретает другое геометрическое очертание и внутреннее строение, а повторение оползневого цикла происходит в другой массе пород и занимает другое место в пространстве (относительно поверхности земли).

Таким образом, оползневой процесс характеризуется односторонним развитием, историчностью."

В дальнейшем необратимость и унаследованность в развитии геологических процессов также отмечает Г.С. Золотарев [117]. Вместе с тем, Е.П. Емельянова, вслед за Ф.П. Саваренским, связывает "историчность" оползней исключительно с фазой их смещения, отмечая их "разовость", конечность и ограниченность во времени, увязывая "историчность" оползней с их стадийностью, отмечая также более ранние работы, затрагивающие эту проблему: "специально вопрос о стадийности, т.е. об историчности оползневого процесса, ставили Ф.Ф. Голынец в 1932 г., В.Н. Славянов в 1951 г., Н.Я. Денисов в 1947 и 1951 гг. и др." [81, с. 72].

Вместе с тем подготовка склона к деформациям также происходит не одномоментно, а протекает в течение определенного периода времени. Одним из первых в отечественном оползневедении развитие оползневых процессов, начиная с момента "формирования конфигурации косогора" (как одной из стадий процесса), предложил рассматривать Ф.Ф. Голынец [68]. В середине XX в. на необходимость анализа изменчивости устойчивости склонов во времени (до возникновения оползней) под воздействием различных факторов - в результате изменения геометрии склона, увлажнения склона и изменения значений прочностных характеристик грунтов, техногенной деятельности - обратили внимание Г.М. Шахунянц, К. Терцаги, Е.П. Емельянова [81, 297, 341, 822]. К. Терцаги показал, что коэффициент устойчивости является функцией времени. При этом К. Терцаги рассматривал состояние склона (до возникновения оползней) во временном интервале в несколько десятков лет.

Несколько позднее И.В. Попов также пришел к выводу, что изучение оползневых процессов должно охватывать не только историю движения оползня, но и включать

рассмотрение "кинетики оползневых факторов" [252]. Он отмечал, что формирование оползневых процессов занимает определенное время, в течение которого под влиянием различных факторов происходит подготовка условий к образованию склоновых деформаций. И.В. Попов, опираясь на обобщение работ Г.С. Золотарева, Е.П. Емельяновой, И.С. Рогозина, определил оползни "как завершение некоторого историко-геологического процесса" [252, с. 79], расширив представления Ф.П. Саваренского и Е.П. Емельяновой об "историчности" оползней на стадию подготовки склона к смещениям. В.Н. Славянов (1951) и И.В. Попов (1961) одними из первых в инженерной геологии предложили характеризовать анализируемые периоды времени в соответствии с их масштабностью, выделив геологический и исторический (соизмеримый со сроками инженерной деятельности человека) масштабы. В последствие Г.К. Бондарик "отрезок времени исторического масштаба" (по И.В. Попову) определил как "физическое время", отличая его от "геологического времени" [28].

И.В. Попов отмечает, что "начало /оползневого/ процесса при этом рисуется в каком-то весьма отдаленном геологическом прошлом, когда в ходе эволюции земли создались геологические формации в виде комплексов, склонных в соответствующих условиях к развитию в них деформаций, свойственных оползневому процессу" [252, с. 79-80]. Вместе с тем, практическое изучение оползневых процессов И.В. Попов предлагал ограничить отрезком геологической истории, когда сформировался современный рельеф и гидрографические условия местности, благоприятные для развития склоновых смещений, характеризуя изучение "предшествующей геологической истории" лишь как имеющее "теоретическое значение". По мнению И.В. Попова, изучение оползней заключается в выделении факторов оползневых процессов с геологическими сроками проявления их влияния, но практически важно выявление факторов, воздействие которых реализуется "на отрезке времени исторического масштаба" [252], т.е. в "физическом времени" (по Г.К. Бондарнику).

Е. Эберхард с соавторами при анализе подготовки склона к смещениям рассматривает временной период в тысячи лет, в течение которого устойчивость склона снижается под влиянием циклически действующих гидрогеологических, термомеханических (в результате сезонных климатических вариаций температур), сейсмических факторов, а также в результате воздействия оледенений (в горных областях и северных регионах) [480].

Подводя итог проведенному в ходе диссертационного исследования рассмотрению, следует констатировать, что в теоретическом плане "оползень" следует понимать как геологическое тело, имеющее естественно-историческую природу, а собственно оползневые смещения ("оползень-как-процесс") - как результат длительного развития территории. Такая трактовка снимает существующую теоретическую проблему вычленения материального объекта при изучении потенциально оползнеопасного участка, в пределах которого склоновых

деформаций (как собственно «объекта изучения и прогнозирования») в момент проведения естественно-научных исследований еще не существует. В этом случае, в качестве реально существующего объекта для изучения в геологической среде может быть принят вычлняемый (с целью изучения) массив грунтов, формирующий склон (или, как было показано выше, склон и примыкающие территории), в пределах которого происходит подготовка к возможным смещениям в результате воздействия различных факторов. Такая подготовка к потенциально возможным смещениям происходит не одномоментно, а в течение некоторого, как правило, достаточно длительного отрезка времени, когда происходят все те изменения, которые формируют современные инженерно-геологические условия. Последовательность геологических событий, произошедших изменений, предопределяющих современную устойчивость склонов, представляет собой геологическую историю формирования инженерно-геологических условий территории, в которой оползнеобразование есть часть продолжающегося геологического развития территории. Это, в свою очередь, ставит вопрос о периоде, отрезке истории (в геологическом или физическом времени), требующего своего внимания при анализе современного развития оползней на той или иной территории, т.е. роли геологической истории в оползнеобразовании в текущий момент времени.

3.3. Роль геологической истории в развитии современных оползневых процессов

Исходя из вышеописанных представлений об "историчности" склоновых деформаций, изложенных в работах Ф.Ф. Голынца, Ф.П. Саваренского, К. Терцаги, И.С. Рогозина, И.В. Попова, Е.П. Емельяновой, Г.С. Золотарева и других, рассматриваемая "история" развития оползневых процессов, в большинстве случаев, ограничивалась временным периодом, начиная с момента образования склона, т.е. периода действия факторов, снижающих устойчивость склона. Теоретическими предпосылками такой точки зрения, по-видимому, являются идеи, заложенные в концепции педипланиации при формировании выровненного рельефа, предложенные В. Пенком. Вместе с тем, влияние геологической истории на развитие современных оползневых процессов необходимо оценивать шире и проводить не только при рассмотрении оползневых процессов как процессов современного рельефообразования, но и как геологических процессов, что требует дополнительного анализа. Для этого необходимо рассмотреть влияния истории геологического развития для двух вариантов оползнеобразования – для участков, где формирование оползней происходит впервые, и участков с длительным развитием оползней. Анализ имеет смысл начать с участков длительного развития оползней, отталкиваясь от существующих воззрений в рамках концепции педипланиации рельефа.

3.3.1. Значение геологической истории при изучении участков длительного развития оползневых процессов

В отечественном оползневедении примером рассмотрения длительного развития склонов, подверженных разномасштабным и разновозрастным оползневым деформациям, является изучение оползней на южном побережье Крымского полуострова (ЮБК), выполняемое более 200 лет.

Одной из территорий, где отмечается геологически длительное развитие оползневых процессов, является Юго-Западный оползневой подрайон в составе инженерно-геологической области южного склона Главной гряды Крымских гор [128, 263]. В настоящее время в пределах Юго-Западного оползневого подрайона, занимающего площадь около 400 км², охватывая территорию от м. Айя на западе до г. Кастель на востоке, ограничиваясь с севера обрывом Яйлы, а с юга - береговой линией Чёрного моря, сосредоточено порядка 60% оползней всего Крымского полуострова. На разномасштабность и разновозрастность проявления оползневых смещений на рассматриваемой территории было обращено внимание в середине XX века. М.В. Муратов на ЮБК (вблизи Ялты и Симеиза) описал щебенистые отложения и известковистые брекчии мощностью до 100 м, которые, по его мнению, являлись "оползневыми массивами, иногда огромных размеров", выделив их в массандровскую свиту [64]. Наиболее древние проявления оползневых процессов, сопровождавшиеся образованием скал-отторженцев в начальный этап накопления массандровских отложений, М.В. Муратов относил к киммерийскому (среднеплиоценовому¹) этапу развития территории [202]. Г.С. Золотарев, опираясь на воззрения М.В. Муратова, смещенные массивы известняков на ЮБК (в районе Ялты), также трактовал как древние оползни, относящиеся к позднеплиоценовому (например, массив г. Кошка) и раннечетвертичному (например, массив г. Крестовая) времени [114]. Г.С. Золотарев считал, что в отличие от древних смещенных массивов скальных горных пород, современные оползни на ЮБК представляют собой либо смещение блоков таврических пород, образование которых провоцируется абразией, либо оползни-потоки, вовлекающие в смещение (при увлажнении и/или техногенном воздействии) глинисто-глыбовый материал, развитый на склонах в пределах ранее сформировавшихся древних оползней. Обобщая полученные результаты изучения оползней ЮБК (в районе Ялты), Г.С. Золотарев приходит к выводу о важности расшифровки и учета геологической истории формирования склонов для оценки их современной устойчивости [115]. Воззрения, изложенные в работах Г.С. Золотарева,

¹ В связи с изменениями в стратиграфическом положении нижней границы четвертичного периода [289], в рамках современных представлений начало накопления массандровских отложений (по М.В.Муратову) может быть сопоставлено с ранним гелазием.

основанные на концепции педиplanationии при формировании рельефа южнобережного склона Главной гряды Крымских гор (постепенное отступление крутых склонов и их замещение растущими снизу более пологими поверхностями – педиментами, с последовательным во времени развитием оползневых процессов), представления о возрасте, механизме образования и смещения блоков известняков, наблюдаемых в настоящее время на южнобережном склоне Яйлы, в береговом клифе и в виде отдельных скал в прибрежной полосе Черного моря, поддерживаются большинством специалистов, изучавших оползни ЮБК [85, 86, 218, 263, 281].

В ходе диссертационного исследования автором для подтверждения значимости геологической истории в изучении участков длительного развития оползневых процессов было проведено детальное изучение одного из оползневых участков на ЮБК (рис. 3.4, 3.5) – на отрезке от Берегового до Симеиза, расположенного западнее территории, проанализированной в работах Г.С. Золотарева. На рассматриваемом оползневом участке, имеющем протяженность вдоль побережья порядка 10 км, располагается целая серия крупномасштабных разновозрастных оползневых массивов. Общая ширина макросклона (от бровки уступа Яйлы до уреза моря) составляет от 2,2-2,3 км в западной части рассматриваемой территории (в районе Паркового) до 4,5-4,8 км в центральной и восточной ее частях. Общий перепад высот в пределах макросклона составляет от 950 м до 980 м (г. Марчека) в западной части рассматриваемой территории и возрастает до 1196 м (г. Ат-Баш) в восточной ее части. В целом поверхность южнобережного макросклона представляет собой сложное сочетание форм дооползневого рельефа, форм рельефа, возникших в результате развития разновозрастных гравитационных смещений, и элементов рельефа, сформировавшихся в результате эрозионного расчленения и абразионной переработки оползневых массивов. К урезу Чёрного моря южнобережный макросклон обрывается береговым клифом высотой от 18-20 м до 45-55 м, возрастая на отдельных участках (южный обрывистый склон г. Кошка) до более 100 м. К бровке берегового клифа на отдельных участках примыкают узкие полосы с относительно выровненной поверхностью, представляющие собой останцы морских террас (рис. 3.6).

Анализ данных дистанционного зондирования, фондовых и архивных материалов, результатов проведенных полевых наблюдений позволил выделить на рассматриваемой территории несколько генераций разновозрастных склоновых деформаций (рис. 3.7), наиболее крупномасштабными из которых являются оползни I и II генерации (по времени). При этом оползни II генерации являются либо самостоятельными проявлениями склоновых процессов, либо представляют собой вторичные оползни в границах оползневых массивов I генерации.

Наиболее ранними оползневыми массивами на участке "Береговое-Симеиз" являются "древние", "реликтовые" крупномасштабные оползни Кучук-Койский I, Кикинеизский, Понизовка и Симеизский, а также "оползневой массив г. Кошка", входящий на

рассматриваемую территорию частично. Здесь термин "древний оползень" используется в понимании И.В. Попова, предложившего относить к "древним" такие оползни, которые при формировании имели иной, отличающийся от современного, базис смещения [249]. К "реликтовым оползням", согласно Глоссария по оползням, который был разработан Рабочей группой по инвентаризации оползней при ЮНЕСКО, относятся оползни, развитие которых происходило под действием климатических или геоморфологических условий, значительно отличающихся от современных [691].

Все перечисленные оползневые массивы I временной генерации (Кучук-Койский I, Кикинеизский, Понизовка и Симеизский), как было отмечено выше, относятся к "древним", "реликтовым" оползням. Фронтальные части этих оползней располагаются в пределах современного шельфа на глубинах 50-55 м, что близко к отметкам уровня Чёрного моря, характерных для середины раннего неоплейстоцена [103]. Глубже изобат ~50-55 м характер шельфа изменяется. Таким образом, местоположение базиса смещения оползней I временной генерации, геоморфологические условия, в которых происходило их развитие, отличались от современных.

Определив нижнюю границу образования оползневых массивов I временной генерации (середина раннего неоплейстоцена), следует определить верхнюю временную границу формирования этой группы оползней. На возможный возраст образования оползней I временной генерации указывает наличие выработанных в их пределах эрозионных уровней. В границах древних оползней Кучук- Койский I и Понизовка хорошо выраженные выположенные эрозией поверхности не выделяются, что, по-видимому, связано с активными более поздними вторичными склоновыми деформациями. В то же время в пределах оползневых массивов Кикинеизский и Симеизский такие выположенные поверхности прослеживаются. В нижней части оползня Кикинеизский слабopологая относительно выровненная поверхность шириной до 350 м располагается на отметках 50-55 м, имея в нагорной части незначительный перегиб к отметкам 60 м (рис. 3.6). Также в прибрежной зоне в массиве оползневых отложений оползня Кикинеизский выработана площадка на высотах 18-20 м (рис. 3.6).

В пределах оползня Симеизский отмечается слабо выраженная относительно выровненная поверхность на высотах 55-60 м. Время образования эрозионной поверхности на отметках 50-55 м относится к первой половине среднeоплейстоценового времени [103]. Таким образом, оползневые массивы I временной генерации (Кикинеизский и Симеизский, а также, возможно, Кучук-Койский I и Понизовка) формируются раньше, т.е. в конце раннего неоплейстоцена – начале среднего неоплейстоцена, во время низкого стояния уровня Чёрного моря (т.е. в период максимального перепада рельефа в прибрежной зоне), вероятно, на



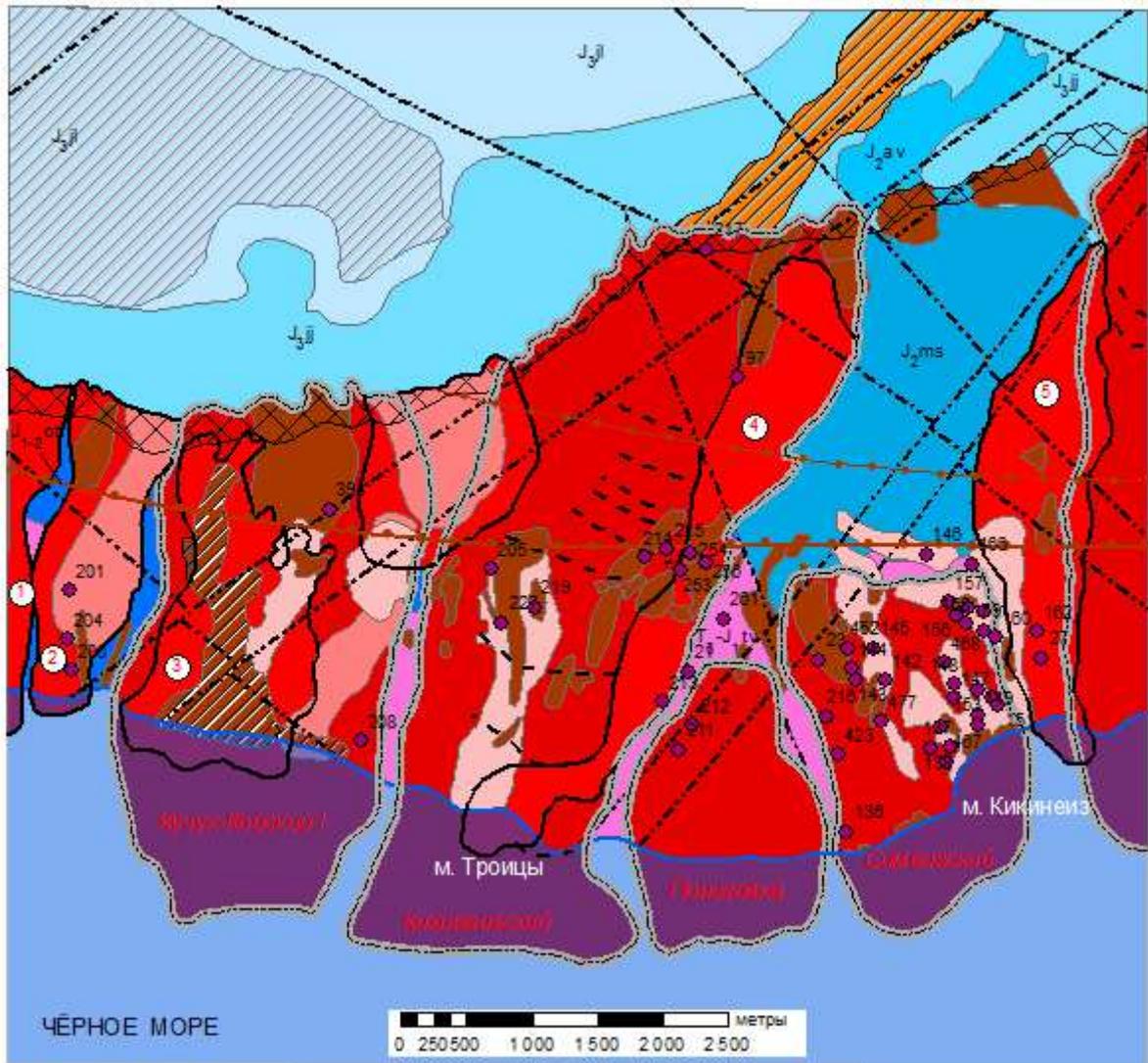
Рис. 3.4. Местоположение оползневого участка «Береговое-Симеиз».



Рис. 3.5. Общий вид южного макросклона Главной гряды Крымских гор в районе оползневого участка «Береговое-Симеиз» (фото О.В. Зеркаля).



Рис. 3.6. Морские террасы высотой до 18-20 м и 50-55 м (над урезом моря), соответствующие III (карангатскому) и V (узунларскому) эрозионным уровням (фото О.В. Зеркаля).



Условные обозначения

Геологические подразделения

- Ялтинская свита. Известняки пелитоморфные
- Яйлинская свита. Известняки пелитоморфные, органогенно-обломочные
- Ай-васильевская свита. Переслаивание глин и алевролитов с прослоями плохосортированных песчаников и линзами битуминозных известняков
- Мелаская свита. Спилиты, кератофиры с плачками туфов и туфобрекчий, в верхней части - переслаивания песчаников, аргиллитов, туфопесчаников, туфоалевролитов
- Отраденская свита. Переслаивание аргиллитов, алевролитов и песчаников
- Таврической серия. Ритмичное переслаивание аргиллитов, алевропесчаниками и песчаников
- Тектонические нарушения

Оползни

- древние, реликтовые I генерация
- древние, реликтовые II генерация. Цифрами 1 обозначены оползни II возрастной генерации: 1 - Западно-Кастропольский; 2 - Восточно-Кастропольский; 3 - Кучук-Койский II; 4 - Восточно-Кикинеизский; 5 - Лименский
- древние, III генерация
- древние, IV генерация
- современные, Кучук-Койский оползень 1786 г.
- современные
- современные маломасштабные оползни

Границы оползневых массивов

- границы оползней I генерации
- границы оползней II генерации
- оползневые вали
- предполагаемое положение древнего уступа Яйлы (до образования Кучук-Койского I и I фазы Кикинеизского оползней)
- предполагаемое положение древнего уступа Яйлы (до образования II фазы Кикинеизского оползня)
- современная береговая линия
- Уступ Главной гряды Крымских гор

Урочища

- древние урочища (урочище Бештеке)
- современные урочища

Рис. 3.7. Развитие оползневых процессов на участке Береговое-Симеиз (сост. О.В.Зеркалем).

завершающей стадии эпохи донского оледенения – начале лихвинского межледниковья, в эпоху значительного изменения климатических условий.

Оценка характеристик оползней I временной генерации приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Характеристики оползней I временной генерации

Наименование	Протяженность по направлению смещения, км	Ширина, км	Объем, млн. м ³	Н/Л	Угол пути смещения
Кучук-Койский I	4,1	1,9	390 ^{*)}	0,22	12,7
Кикинеизский	5,8	2,2	400 + 1300 ^{**)}	0,19	10,9
Понизовка	2,2	1,4	250	0,15	8,6
Симеизский	2,6	1,5	до 300	0,22	12,7

*) Объем материала, удаленный из зоны обрушения с учетом предполагаемого положения древнего уступа Яйлы¹.

**) Общий объем материала (I и II фаз), удаленный из зоны обрушения с учетом предполагаемого положения древнего уступа Яйлы.

В границах Кучук-Койского I и Кикинеизского оползней I временной генерации выделяются участки с последующими крупномасштабными склоновыми деформациями, представляющими собой оползни II временной генерации (Кучук-Койский II и Восточно-Кикинеизский, соответственно), которые по отношению к оползням I генерации являются "вторичными", т.к. при их образовании в смещения были вовлечены преимущественно оползневые отложения, сформировавшиеся ранее. Помимо этого, на рассматриваемой территории также выделяются самостоятельные оползни II временной генерации (Западно-Кастропольский, Восточно-Кастропольский, Лименский), развивавшиеся вне площадей оползней I временной генерации. Фронтальные части оползней II временной генерации также располагаются в пределах современного шельфа на глубинах порядка 20-25 м, что близко к отметкам уровня Чёрного моря, характерного концу среднего неоплейстоцена, в период предкарангатской регрессии [103].

Как отмечалось выше, в прибрежной зоне в массиве оползневых отложений оползня Кикинеизский выработана площадка на высотах 18-20 м (рис. 3.6). Эта выположенная поверхность также прослеживается в пределах Восточно-Кикинеизского оползня II временной генерации. Время выработки этой эрозионной поверхности относится к началу позднего неоплейстоцена [103]. В связи с этим, можно говорить, что Восточно-Кикинеизский оползень

¹ Относительно местоположения древнего уступа Яйлы, восстанавливаемого по условной линии от горы Мердвен-Каясы (856,5 м, расположена западнее рассматриваемой территории) до горы Исмосос (Верблюд) (717 м), ниже которой располагается фрагмент относительно выположенной пологонаклонной поверхности выравнивания (рис. 3.7).

(как, возможно, и другие оползни II временной генерации) формируются раньше, т.е. в конце среднего неоплейстоцена – начале позднего неоплейстоцена, во время более низкого стояния уровня Чёрного моря (в период предкарангатской регрессии), вероятно, на завершающей стадии эпохи московского оледенения – начале микулинского межледниковья, в эпоху, для которой были характерны значительные изменения климатических условий. Оценка характеристик оползней II временной генерации приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2.

Характеристики оползней II временной генерации

Наименование	Протяженность по направлению смещения, км	Ширина, км	Объем, млн. м ³	Н/Л	Угол пути смещения
Западно-Кастропольский	2700	460	37	0,36	21,1
Восточно-Кастропольский	2500	600-800	53	0,39	22,8
Кучук-Койский II	от 1800 до 2500	1100	85	0,31	17,9
Восточно-Кикинеизский	5400	400-600	94	0,18	10,4
Лименский	4100	600-900	92	0,20	11,5

Позднее на рассматриваемой территории происходит формирование оползней III и IV временных генераций, большинство из которых имеют вторичный характер, развиваясь в границах оползневых массивов более ранних временных генераций (рис. 3.7).

На современном этапе (начиная с конца XVIII в.) на участке "Береговое-Симеиз", согласно "Каталога оползней Крыма", отмечается развитие более 100 разномасштабных оползней (согласно Классификации оползней по объему, приведенной в СП 420.1325800.2018), из которых около 50 относятся к крупно- и среднемасштабным, а более 50 оползней являются мелкомасштабными (рис. 3.7).

Таким образом, проведенное рассмотрение оползневого участка от Берегового до Симеиза, расположенного на ЮБК, показало, что формирование оползней происходило в различные отрезки геологического времени. При этом временные периоды разномасштабного оползнеобразования на этой территории хорошо коррелируются с эпохами значимых событий в геологической истории четвертичного времени, в т.ч. на территории Восточно-Европейской платформы. При этом, формирование оползней имело место в иных геологических условиях, предопределяя характер и масштабность проявления оползневых процессов. Эти факты

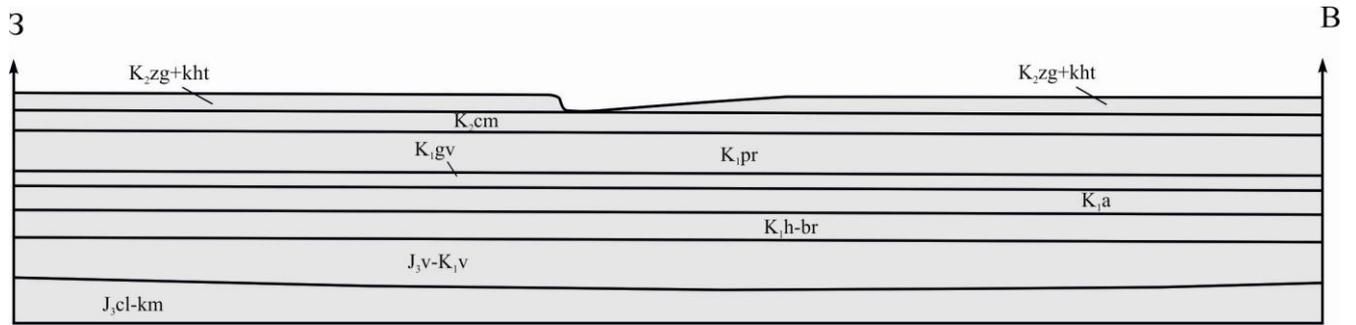
подчеркивает важность расшифровки геологической истории территории при изучении и анализе длительной устойчивости склонов.

Другим примером, показывающим значимость роли геологической истории в формировании современной устойчивости склонов, являются результаты исследования и оценки влияния на оползнеобразование особенностей развития долины р. Кунья в районе Загорской ГАЭС, расположенной в 70 км северо-восточнее г. Москвы, где в 1979 г. на площадке строительства возник оползень объемом до 100 тыс. м³ [150, 355]. Рассматриваемая территория, в пределах которой современный перепад высот составляет до 100 м, находится на северо-западном склоне Клинско-Дмитровской гряды, на левом берегу р. Кунья, принадлежащей бассейну р. Волги. Верхняя часть геологического разреза Клинско-Дмитровской гряды слагается конечно-моренными образованиями московского оледенения, формирующими современный рельеф. Современная долина р. Кунья наследует древний эрозионный врез, заполненный позднеплиоцен-раннеэоценовыми аллювиальными отложениями. Проведенное изучение инженерно-геологических условий и расшифровка истории развития долины р. Кунья, результаты которого показаны на рисунке 3.8, выявило существенное влияние геологических событий, происходивших в палеоген-четвертичное время, на современную устойчивость склонов.

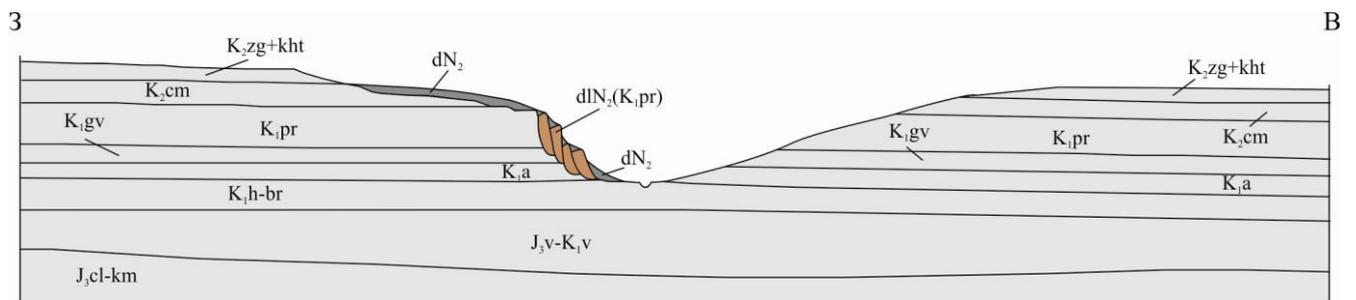
История изменения геолого-геоморфологических условий рассматриваемого участка долины р. Кунья была прослежена начиная с конца мелового периода – времени, когда в регионе окончательно устанавливаются континентальные условия и начинается эрозионное расчленение территории. За проанализированный период геологического развития на изученном участке было выявлено несколько эпох активного развития оползневых процессов (рис. 3.8):

1. Раннеплиоценовая эпоха, когда происходило формирование оползней скольжения в толще парамоновских глин (K_{1pr}) верхнеальбского возраста в результате эрозионного подмыва западного борта переуглубленной пра-долины р. Кунья. Погребенные в настоящее время реликтовые оползневые тела представлены серией фронтальных блоков (не менее четырех), слагаемых черными плотными глинами с многочисленными зеркалами скольжения (dlN_2). В результате оползневых смещений кровля верхнеальбских глин в полосе, примыкающей к борту пра-долины, опущена на 11-12 м, по сравнению с участками за пределами палеоползней. Раннеплиоценовые оползневые тела позднее были перекрыты отложениями богородской свиты позднеплиоцен-эоценового возраста.

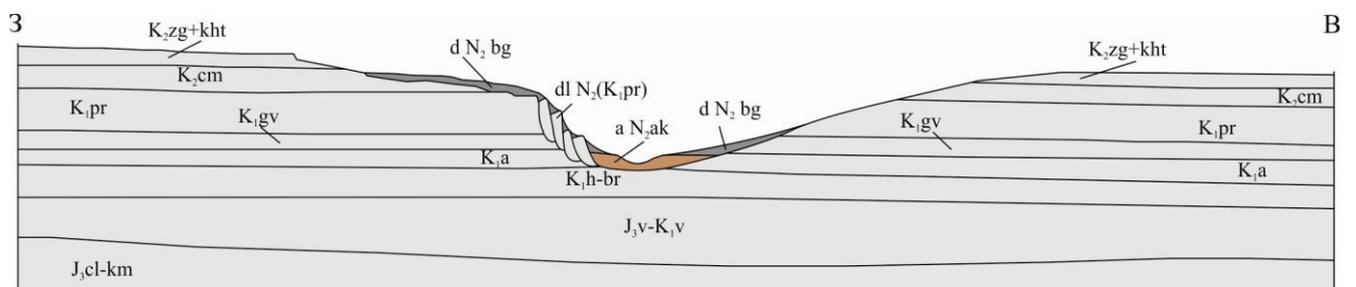
2. Эоценовая эпоха, во время которой происходило образование глубоких оползней-потоков в глинистых отложениях загорской свиты (K_{2zg}) сантонского возраста. В



Геолого-геоморфологические условия в конце мелового - палеогенового времени. Начинается формирование долины р. пра-Куньи. Долина характеризуется резкой асимметрией поперечного профиля: правый борт имеет крутизну не более $7-10^\circ$, левый - до 25° .

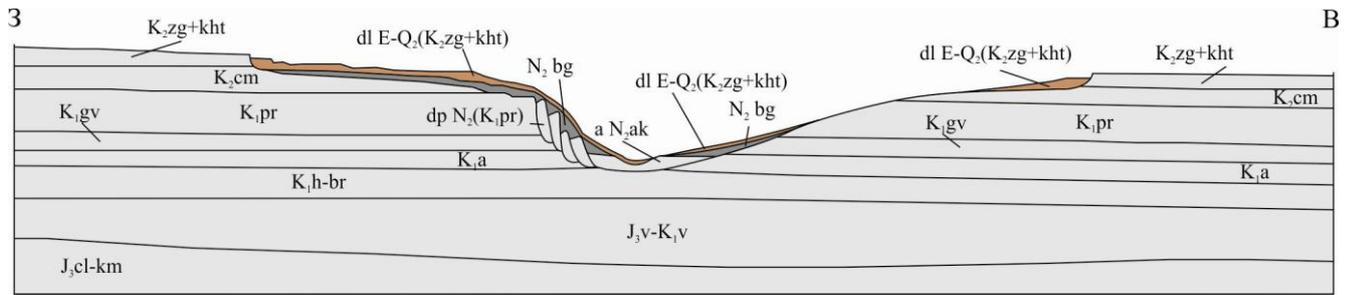


Геолого-геоморфологические условия в раннеплиоценовое время. Сформировавшаяся в течение миоцена долина р. пра-Куньи полностью прорезала толщу глин парамоновской свиты. В результате углубления долины и эрозионного подмыва западного борта в толще парамоновских глин формируется серия оползней скольжения.

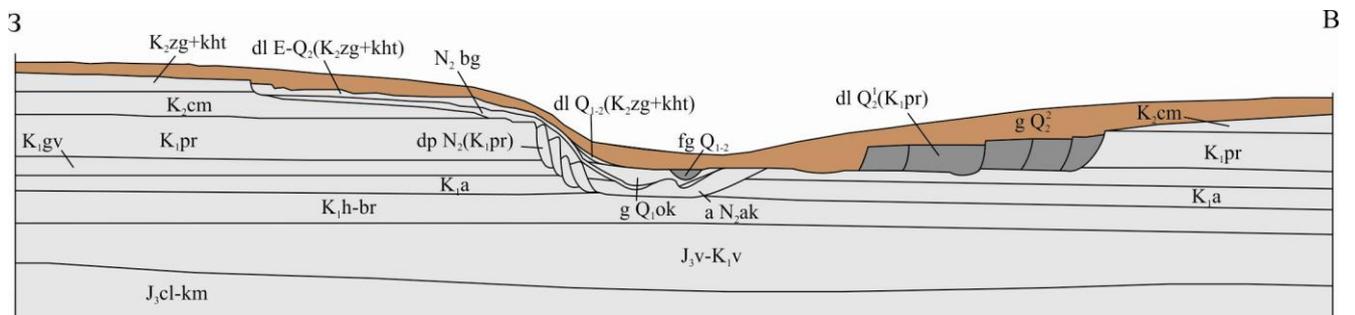


Геолого-геоморфологические условия в конце плиоценового времени. Водность р. пра-Куньи снижается. Сформировавшаяся глубокая палеодолина начинает заполняться аллювиальными отложениями. В присклоновых частях долины за счет снижения эрозионного сноса начинают накапливаться отложения склонового чехла, которые перекрывают оползневые блоки глин парамоновской свиты.

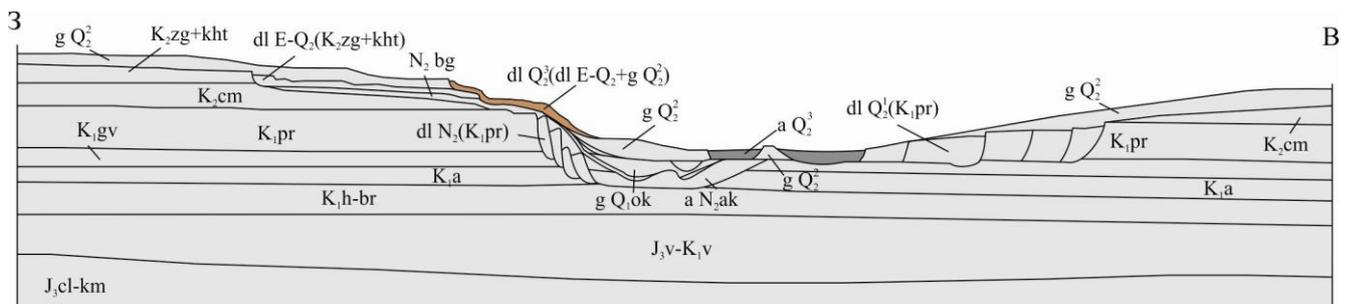
Рис. 3.8. История развития долины р. Кунья и ее влияние на современную устойчивость склонов (приведено по [759, 903] с изменениями).



Геолого-геоморфологические условия с эоплейстоцена до начала среднего неоплейстоцена. В бортах долины, вероятно, за счет высокого инфильтрационного увлажнения, формируются серии оползней-потоков в глинистых отложениях загорской свиты. Отложения оползней-потоков, перекрывая сеноманские пески, способствуют созданию местных напоров в верхних водоносных горизонтах и увлажнению нижней части глин загорской свиты, обуславливая развитие глубоких оползней течения.

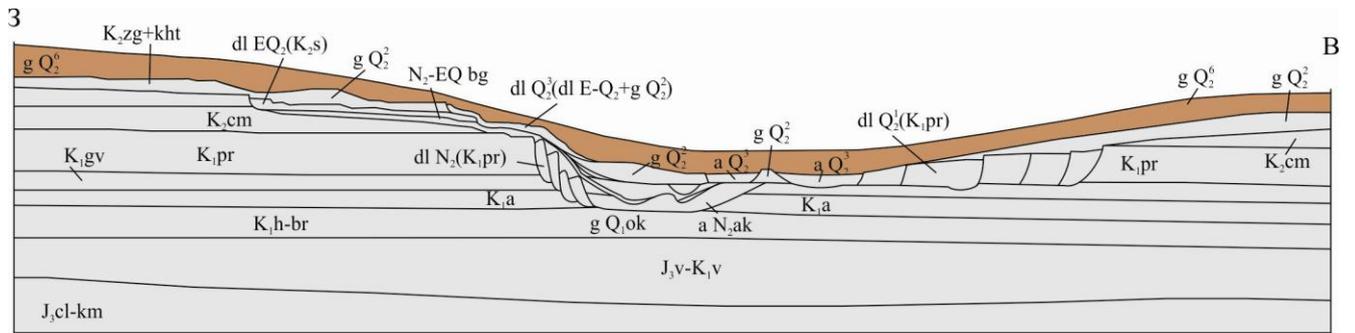


Геолого-геоморфологические условия района в середине среднего неоплейстоцена. В результате воздействия эрозии во время лихвинского межледниковья вырабатывается новое русло р. Пра-Кунья, смещенное к восточному борту долины относительно плиоценового вреза. В восточном борту долины р. Пра-Кунья образуется серия горизонтально смещенных блоков глин парамоновской свиты, перекрываемые в дальнейшем покровной мореной в эпоху последовавшего оледенения (I стадия среднелихвинского оледенения).

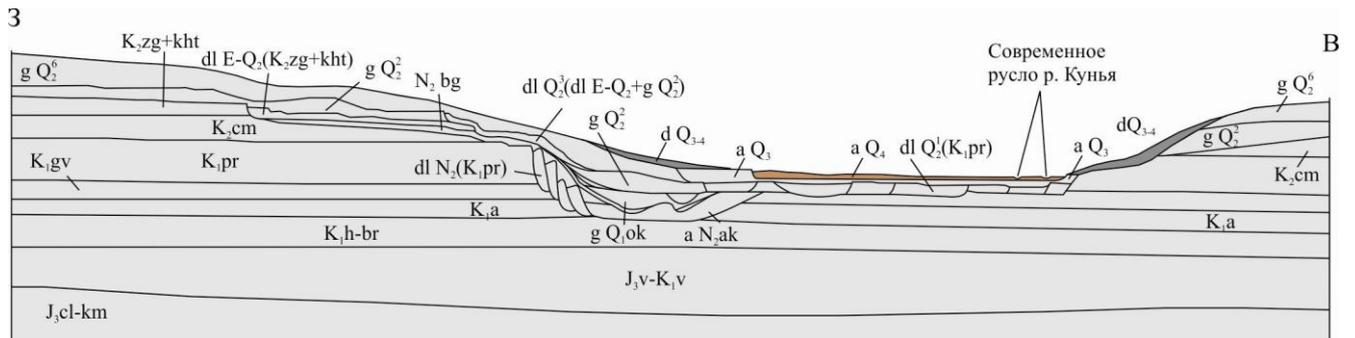


Геолого-геоморфологические условия района к концу чекалинского (одинцовского) межледниковья. Высокая водность р. Пра-Куньи способствует формированию новой конфигурации долины: основное русло смещается к востоку. Интенсивное обводнение склоновых отложений как за счет инфильтрационного питания, так и за счет интенсивной разгрузки напорных подземных вод приводит к развитию в западном борту долины оползней течения, вовлекающих в смещение суглинистые моренные образования совместно с подстилающими их оползневыми образованиями эоплейстоцена.

Продолжение рисунка 3.8.



Геолого-геоморфологические условия в конце среднеплейстоценового времени. Московское покровное оледенение привело к нивелированию рельефа.



Современные геолого-геоморфологические условия долины р. Кунья в районе Загорской ГАЭС.

Продолжение рисунка 3.8. Геологические отложения:

$J_{2-3cl}-J_3km$ - Келловейский, оксфордский и кимериджский ярусы нерасчлененные. Известковистые глины

J_3v-K_1v - Юрская система, верхний отдел, волжский ярус – Меловая система, нижний отдел, валанжинский ярус нерасчлененные. Пески мелко- и тонкозернистые

K_1h-br - Меловая система. Нижний отдел. Готеривский и барремский ярусы нерасчлененные. В нижней части - плотные глины, в средней части - мелко- и тонкозернистые глинистые пески, в верхней части - переслаивание алевритов и глин

K_1a - Меловая система. Нижний отдел. Аптский ярус. Пески с прослоями разнозернистых песчаников.

K_1gv - Нижний отдел. Альбский ярус. Средний подъярус. Гаврилковская свита. Разнозернистые, обычно грубозернистые, пески с конкрециями фосфоритов

K_1pr - Меловая система. Нижний отдел. Альбский ярус. Верхний подъярус. Парамоновская свита. Глины и глинистые алевриты

K_2cm - Меловая система. Верхний отдел. Сенманский ярус. Пески

$K_{2zg+kht}$ - Меловая система. Верхний отдел. Сантонский ярус. Загорская и хотьковская свиты, объединенные. Глины, песчаники

$a N_2$ - Неогеновая система. Верхний отдел. Пески, супеси.

$d N_2bg$ и $dl N_2 (K_1pr)$ – Неогеновая система. Верхний отдел (Верхний отдел – четвертичная система, эоплейстоцен, нерасчлененные). Делювиальные (богородская свита) и оползневые отложения (с вовлечением в смещения глин парамоновской свиты).

$dl E-Q_2 (K_{2zg+kht})$ - Четвертичная система, эоплейстоцен – средней неоплейстоцен. Оползневые отложения (с вовлечением в смещения отложений загорской и хотьковской свит).

$g Q_1$ - Четвертичная система, нижний неоплейстоцен. Гляциальные отложения. Суглинки.

$fg Q_{1-2}$ - Четвертичная система, нижний – средней неоплейстоцен. Гляциальные отложения. Пески, супеси, суглинки.

$g Q_2^2$ - Четвертичная система, средней неоплейстоцен, вторая ступень. Гляциальные отложения I фазы среднееоплейстоценового оледенения. Суглинки.

$dl Q_2^2 (K_1pr)$ - Четвертичная система, средней неоплейстоцен, вторая ступень. Оползневые

отложения (с вовлечением в смещения глин парамоновской свиты).

dl Q_2^3 (*dl* E- $Q_2+gQ_2^2$) - Четвертичная система, средней неоплейстоцен, третья ступень. Оползневые отложения.

g Q_2^6 - Четвертичная система, средней неоплейстоцен, шестая ступень. Гляциальные отложения московской стадии оледенения. Суглинки.

a Q_3 - Четвертичная система, поздний неоплейстоцен. Аллювиальные отложения. Пески, супеси, суглинки.

d Q_{3-4} - Четвертичная система, поздний неоплейстоцен – голоцен. Делювиальные отложения. Суглинки, супеси.

a Q_4 - Четвертичная система, голоцен. Аллювиальные отложения. Пески, супеси, суглинки.

скважинах, расположенных вблизи пра-долины р. Кунья, сантонские отложения практически полностью дислоцированы и перемяты до состояния единой неравномерно ожелезненной глинистой массы с мелкими обломками опоковидного песчаника, образующего в ненарушенном состоянии выдержанный слой мощностью до 3 м в верхней части разреза свиты. Мощность перемятых глин в сторону пра-долины р.Кунья снижается от 7,5 м до 3 м, а местами - 1 м. Эти же перемятые сантонские глины в виде маломощного (не более 2-2,5 м) оползневого языка спускаются по (западному) борту переуглубленной пра-долины р. Кунья, частично выстилая днище пра-долины. При этом, отметки кровли вскрытых в пределах пра-долины смещенных сантонских глин ниже кровли отложений загорской свиты (K_{2zg}) в ненарушенном состоянии на более чем 80 м.

3. Ранняя среднеоплейстоценовая (лихвинская) эпоха, когда происходило формирование оползней скольжения в толще парамоновских глин (K_{1pr}) в результате эрозионного подмыва восточного борта палеодолины при интенсивном стоке в период деградации ледника донской стадии оледенения. Нарушенное в результате оползневых деформаций залегание верхнеальбских глин было выявлено по ступенчатому (с перепадом отметок в 3-4 м в сторону осевой части палеодолины) характеру подошвы отложений парамоновской свиты, в то время как кровля глин оказалась выровнена последующими гляциальными процессам. По данным бурения можно выделить от трех до пяти оползневых блоков. В смещенном положении верхнеальбские глины были прослежены, по крайней мере, на протяжении 250 м. Мощность оползневых блоков определить не представляется возможным, поскольку верхняя их часть позднее была уничтожена речной эрозией при последующем врезе р. Куньи. Сохранившиеся от размыва оползшие блоки имеют остаточную мощность около 8-10 м и в настоящее время залегают непосредственно под современным руслом р. Кунья.

4. Середина среднеоплейстоценовая чекалинская (одинцовская) эпоха, во время которой происходило образование оползней-потоков, вовлекавших в смещение моренные суглинки совместно с подстилающими их эоплейстоценовыми оползневыми образованиями. Протяженное оползневое тело, сформировавшееся в результате вязко-пластичного течения,

плащеобразно покрывает древний склон и языком выходит в пределы осевой части палеодолины, где оползневые отложения перекрывают раннеоплейстоценовые гляциальные отложения долинной стадии оледенения.

5. Современный этап оползнеобразования, представляющий собой период с интенсивными техногенными воздействиями, провоцирующими оползневые деформации.

Таким образом, полученные в ходе диссертационного исследования результаты изучения роли особенностей развития долины р. Кунья в современном состоянии склонов на участке возведения сооружений Загорской ГАЭС показало, что места формирования современных оползневых деформаций, в определенной степени, предопределялись геологическими событиями, в т.ч. разновозрастными палеооползнями, повлиявшими на выдержанность (в плане и по латерали) и нарушенность толщ отложений, слагающих верхнюю часть геологического разреза, что нашло отражение в современных инженерно-геологических условиях. Также как и для рассмотренного выше участка ЮБК, на проанализированном участке долины р. Кунья временные периоды разновозрастного оползнеобразования хорошо коррелируются с эпохами значимых событий в геологической истории неоген-четвертичного времени. При этом, формирование ныне погребенных палеооползней в долине р. Кунья происходило в иных природных условиях, для которых были характерны другие геоморфологические и климатические особенности, предопределяющие характер и масштабность проявления палеооползневых процессов. Эти факты дополнительно подчеркивают важность расшифровки геологической истории территории при изучении и анализе длительной устойчивости склонов.

3.3.2. Участки повторного длительного развития оползневых процессов как оползневые участки типа "палимпсест"

Обобщение результатов, полученных при изучении участков длительного развития оползневых процессов, позволяет выделить в их составе, в качестве специфической территории развития оползней, оползневые участки типа "палимпсест".

Термин "палимпсест" (греч. - *παλίμψηστος*) применяется в исторических науках (историографии, археологии) к рукописям, в которых начальный текст был соскоблен или смыт, и на его месте вписан другой текст [372]. В археологии также термин "палимпсест" относится к наложению последовательных событий, материальные следы которых частично уничтожаются или перерабатываются из-за процесса наложения, или "следов множественных, перекрывающихся действий в течение переменных периодов времени и переменного стирания более ранних следов" [639, р. 37].

Именно такого рода последовательность геологических событий в развитии оползней в

долине р. Кунья была описана выше. В составе этой последовательности можно выделить несколько последовательных циклов перестройки условий:

- I временной период (от миоцена до эоплейстоцена) - выработка глубокой пра-долины р. Кунья, формирование оползней скольжения в парамоновских глинах (K_1pr) в западном борту пра-долины и их перекрытие при образовании глубоких оползней-потоков в глинистых отложениях загорской свиты (K_2zg);

- II временной период (конец раннего неоплейстоцена – начало среднего неоплейстоцена) – перекрытие мореной долинной стадии оледенения русловой части пра-долины р. Кунья, выработка нового русла палеодолины, формирование оползней скольжения в парамоновских глинах (K_1pr) в восточном борту новой долины;

- III временной период (середица – конец среднего неоплейстоцена) – морена I фазы покровного оледенения полностью перекрывает частично перерабатывая, эродируя палеоползневые тела восточного борта, сглаживая рельеф, меняя облик территории, образование оползней течения в моренных суглинках в западном борту палеодолины;

- IV временной период (конец среднего неоплейстоцена – настоящее время) – морена московской стадии покровного оледенения полностью перекрывает палеодолину р. Кунья и развитые в ее пределах более ранние оползни, меняется облик территории, вырабатывается новая (современная) долина реки.

Таким образом, история развития оползней в долине р. Кунья в районе Загорской ГАЭС, на территории, несомненно, относящейся к оползневым участкам типа "палимпсест", представляет собой последовательную цепь геологических событий (как результат деятельности других процессов), которые неоднократно сопровождались погребением разновозрастных палеопроявлений оползневых процессов, полным "стираем" признаков активности склоновых процессов, затушевыванием фактической сложности инженерно-геологических условий территории. В результате степень оползневой опасности, с возможностью образования крупномасштабных оползней, не была оценена в полной мере при планировании хозяйственного освоения территории. В то же время, в геологическом строении присутствуют следы последовательных эпизодов оползневой активности, позволяя восстановить, в определенной степени, особенности развития оползней в различные временные периоды и оценить их роль в формировании современных инженерно-геологических условий в рассмотренной части долины р. Кунья.

Вместе с тем, палеопроявления оползневых процессов, рассмотренные в долине р. Кунья, развивались "независимо" друг от друга, т.е. более поздние палеоползни не наследуют напрямую предшествующие деформации, не формируются в их пределах. Выявленная последовательность периодов оползневой активности объединяется только своим

совместным пространственным положением. В связи с этим, оползневой участок типа "палимпсест" в долине р. Кунья в районе Загорской ГАЭС может быть определен как "пространственный палимпсест".

Иная ситуация характерна для распространения оползневых процессов, описанных выше на участке "Береговое-Симеиз", где также может быть можно выделить несколько последовательных циклов перестройки условий, сопровождавшихся оползневой активностью, включая:

- I временной период (середина – конец раннего неоплейстоцена) – низкое стояние уровня Чёрного моря (с отметками минус 50-55 м), образование гигантских (объемами от нескольких сот млн. м³ до более 1 км³) каменных лавин I возрастной генерации (табл. 3.1) в пределах палеомакросклона Главной гряды Крымских гор, сформировавшегося в результате предшествующего длительного тектонического вздымания;

- II временной период (конец среднего неоплейстоцена – начало позднего неоплейстоцена) – относительно низкое стояние уровня Чёрного моря образование крупномасштабных (объемами в несколько десятков млн. м³) каменных лавин II возрастной генерации (табл. 3.2), являющихся как «вторичными» по отношению к оползням I генерации, частично перерабатывая, эродируя их, так и самостоятельными проявлениями оползневых процессов;

- III временной период (конец позднего неоплейстоцена – начало голоцена) - образование разномасштабных оползней III возрастной генерации, в большинстве случаев являющихся "вторичными", развивавшимися в границах оползневых массивов более ранних временных генераций, частично перекрывая, перерабатывая и эродируя их (рис. 3.7);

- IV временной период (современный) - образование разномасштабных оползней IV возрастной генерации, представляющих собой вторичные оползни или оползни более высоких рангов, являющихся «вложенными» телами, сформировавшимися в пределах существующих оползневых массивов более ранних временных генераций, частично перекрывая, перерабатывая и эродируя их.

Таким образом, на оползневом участке "Береговое-Симеиз", в отличие от оползневого участка в долине р. Кунья в районе Загорской ГАЭС, последовательность геологических событий проявляется в ином виде. На этой территории развитие разновозрастных реликтовых проявлений оползневых процессов при перестройках геолого-геоморфологических условий не приводило к полному погребению палеооползневых тел, а выражалось в переработке (трансформированию, эродированию, ретушированию) "следов" более ранних периодов оползневой активности, создавая эффект смешивания того, что изначально было отдельными эпизодами оползневой активности или фазами формирования деляпсивных отложений. При

этом, фактически происходило накопление, наслаивание разновозрастных оползневых деформаций, что позволяет участок "Береговое-Симеиз" относить к иному варианту (разновидности) оползневых участков типа "палимпсест" - кумулятивному.

Подводя итог анализу оползневых участков типа "палимпсест" следует указать, что оползневые участки такого типа должны рассматриваться как один из компонентов формирования современных инженерно-геологических условий при проведении инженерно-геологических исследований и изысканий.

3.3.3. Значение геологической истории при изучении участков, где формирование оползней происходит впервые

С приведенной выше точкой зрения И.В. Попова о лишь "теоретическом значении" геологической истории в оползневедении, приведенной выше, нельзя согласиться, т.к. формирование отложений, слагающих склон, их последующие преобразования (литификация, метаморфизация и т.д.) оказывают непосредственное влияние на состояние и свойства грунтов склонового массива в момент потери им устойчивости.

В ходе диссертационного исследования автором была оценена значимость геологической истории в формировании характеристик грунтов, слагающих оползневые и оползнеопасные склоны, на примере образований флишевой формации. Для сравнительного анализа роли геологической истории в образовании современных оползневых процессов было выбрано три оползневых участка в различных регионах распространения отложений флишевой формации, образовавшихся в триас-юрское время в близких геологических условиях в северной части палео-океана Тетис, но в дальнейшем характеризующихся различиями в геологическом развитии (рис. 3.9):

- участок "Ксенмо" (Xinmo), расположенный в пределах тектонического блока (террейна) Сунпань-Ганцзы в северо-восточной части Цинхай-Тибетского нагорья (Китай);
- участок "мыс Ай-Фока", расположенный в пределах Перчемской антиклинали (южный берег Крымского полуострова);
- Краснополянский оползневой район, расположенный в пределах тектонической зоны Южного склона Большого Кавказа (Кавказский прогиб) (по В.Г. Трифонову [302]).

Участок "Ксенмо" (Xinmo). Тектонический блок (террейн) Сунпань-Ганцзы, в пределах которого находится участок "Ксенмо" (Xinmo), располагается в восточной части Альпийско-Гималайского подвижного пояса. С севера тектонический блок Сунпань-Ганцзы ограничен структурами Центрального Куньлуня, с востока – структурами Лунмэньшаня, а южной диагональной (с юго-востока на северо-запад) границей является зона разлома Сяньшухэ.



Рис. 3.9. Местоположение территорий, для которых выполнялся анализ роли геологической истории в образовании современных оползневых процессов.

Накопление отложений флишевой формации, суммарная мощность которых составляет ~ 7 км, в рассматриваемом регионе относится к среднему и позднему триасу [668, 890]. В раннекиммерийский (индосинийский) этап орогенеза на этой территории происходило интенсивное складкообразование. В миоцене блок Сунпань-Ганцзы вновь вовлекается в активные тектонические движения. В результате неоднократных фаз орогенеза флишевые образования подверглись начальной (филлитовой) стадии региональной метаморфизации, сохранив при этом первичные признаки, характерные для флишевых толщ – цикличность строения [447, 668]. В настоящее время циклиты (ритмы) состоят из тонкозернистых песчаников и метапесчаников, алевролитов, глинистых сланцев и филлитов (рис. 3.10). В результате геологического развития флишевых толщ в пределах тектонического блока Сунпань-Ганцзы все разности описываемых отложений, по своим прочностным показателям, в т.ч. глинистые сланцы и филлиты (плотность $2,50-2,65$ г/см³, прочность на одноосное сжатие >30 МПа, сцепление $0,3$ МПа, угол внутреннего трения до 33° [641]) относятся к скальным грунтам. Вместе с тем, показатели прочностных свойств глинистых сланцев и филлитов существенно снижаются по напластованию (сцепление $0,02-0,35$ МПа, угол внутреннего трения до $29-32^\circ$ [864, 891]), что предопределило особенности образования оползней в

рассматриваемом регионе, являющегося областью распространения оползней сдвига¹, нередко (в условиях контрастного рельефа) трансформирующихся в каменные лавины.

Типичным проявлением оползневых процессов во флишевых образованиях в пределах тектонического блока Сунпань-Ганцзы является оползень Ксенмо (Xinmo), образовавшийся 24.06.2017 г. в правом борту долины р. Сонпэнгу (Songpinggou), ориентированного в юго-западном направлении (с понижением рельефа по азимуту 210°-230°), имевшего уклоны от 40° в верхней части до 36° – в нижней [488, 864]. Образованию оползня предшествовали интенсивные осадки - за 1,5 месяца выпало порядка 50% среднемноголетней годовой нормы осадков [708].

Развитие оползня Ксенмо (Xinmo) носило сложный характер. В начальной фазе в интервале высот 3340-3100 м в результате смещения по напластованию произошло формирование оползня сдвига (рис. 3.11) в метаморфизованных флишевых образованиях свиты Загунао (Zagunao) (T₂z), падение которых, в целом, близко к ориентировке уклона склона (АзПад 184°-200°, угол падения от 53° в приводораздельной части склона (в зоне отрыва оползня) до 40° – в его нижней части). Объем отложений, вовлеченных в смещение в начальной фазе (при образовании оползня сдвига), оценивается в 4,5-5,5 млн. м³ [488, 864, 891]. В дальнейшем, оползень сдвига трансформировался в каменную лавину (рис. 3.12), быстро двигавшуюся от высотных отметок 3100 м до дна долины р. Сонпэнгу (Songpinggou), расположенного на отметках 2250 м. При движении каменной лавины в смещение вовлекается дополнительный материал, как слагающий склон (в объеме до 8,7 млн. м³), так и отложения более ранних смещений (в объеме до 2,2 млн. м³) [864, 891]. На западном фланге зоны отрыва оползня сдвига в верхней части склона происходит закол двух дополнительных оползневых блоков объемом до 0,5 млн. м³. Завершаются склоновые деформации формированием оползневой дамбы (зоны аккумуляции) шириной до 1,4 км, перекрывшей долину р. Сонпэнгу, и незначительно (до 100 м) поднявшуюся на противоположный борт долины. Это привело к образованию завального озера выше по течению реки. Суммарный объем оползня Ксенмо (Xinmo) оценивается в 16,4 млн. м³, а скорость смещения оползневых масс, исходя из времени его движения по сейсмическим данным, достигала 250 км/час при соотношении H/L=0,44, угол «пути смещения» - 26° [488, 891].

Участок "мыс Ай-Фока" располагается в прибрежной полосе Чёрного моря в юго-западной части Перчемской антиклинали, являющейся восточным продолжением Туакского антиклинория в зоне его сочленения с Судакским синклиниорием [64]. Рассматриваемая

¹ К оползням сдвига относятся оползни, смещение которых развивается по существовавшим в склоновом массиве поверхностям ослабления и раздела сплошности – напластованию, сланцеватости, трещиноватости, зонам тектонических нарушений [98].



Рис. 3.10. Общий вид обнажения образований флишевой формации (в начальной (филлитовой) стадии региональной метаморфизации) в северо-восточной части Цинхай-Тибетского нагорья - тектонический блок Сунпань-Ганцзы (Китай), фото О.В. Зеркаля.

территория относится к Крымско-Кавказскому сегменту Альпийско-Гималайского подвижного пояса. Ядро Перчемской антиклинали слагается образованиями таврической серии (T_3-J_{1tv}) (рис. 3.13), представляющими собой классический тип ритмичного и неравномерно ритмичного терригенного флиша, сформировавшегося преимущественно в проксимальной части турбидитных потоков. В рассматриваемом регионе флишевый циклит (ритм) слагается, как правило, из трех или двух элементов серого, темно-серого до черного цвета, имеющих градиционную слоистость – от плотных плитчатых песчаников и алевроитов до оскольчато-плитчатых аргиллитов. В районе участка "мыс Ай-Фока" терригенная толща представлена преимущественно неравномерно ритмичным двухкомпонентным аргиллитовым флишем, слагаемым аргиллитами (до 80%) с прослоями алевропесчаников (рис. 3.13). Залегают флишевые образования с падением в северо-западном направлении (Аз. Пад. 346, угол падения 32-34°). Флишевые образования таврической серии имеют высокую степень литификации, достигнув аргиллитовой стадии катагенеза [322], являются неразмокающими, разрушаясь при выветривании только до мелкоплитчато-оскольчатого или листоватого щебня.

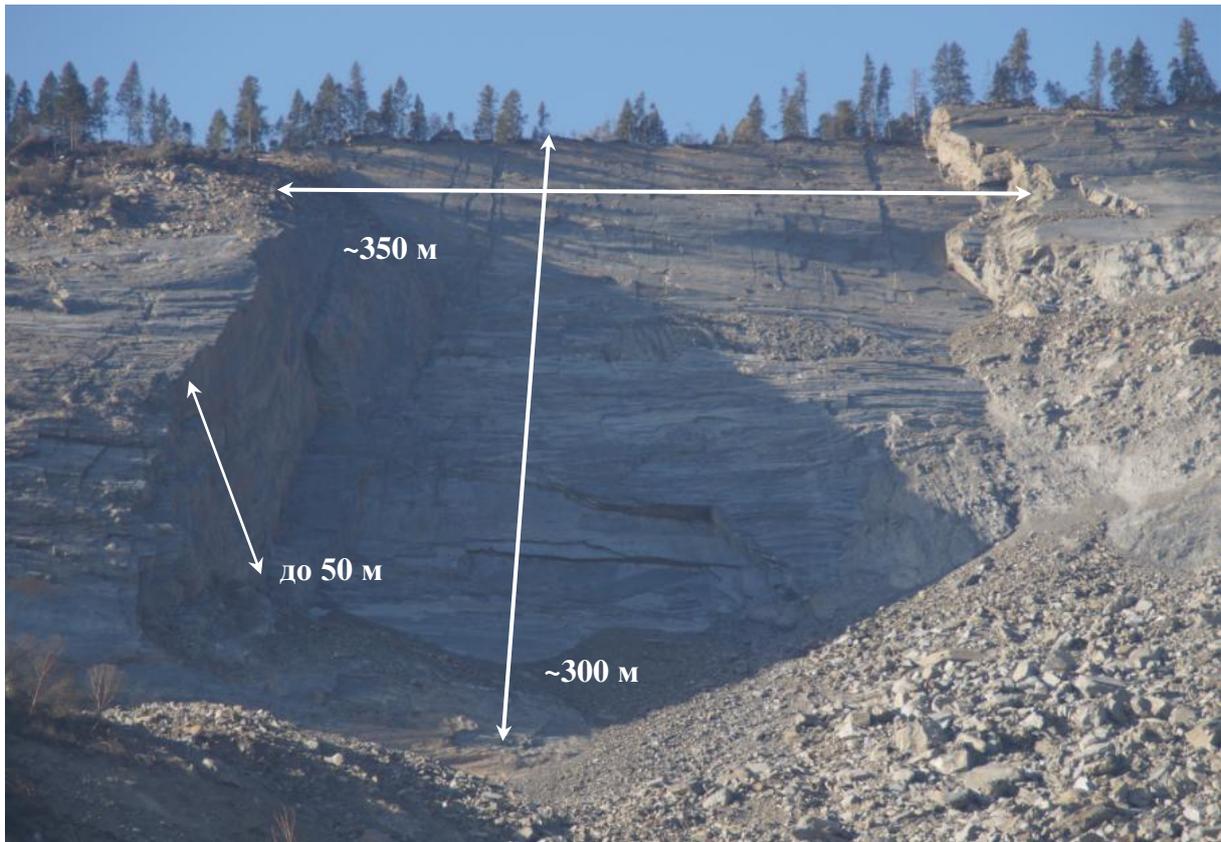


Рис. 3.11. Общий вид головной части оползня Ксенмо (Хінто) на участке оползня сдвига в метаморфизованных флишевых образованиях свиты Загунао (Zagunao) (T_{2z}), фото О.В.Зеркаля.

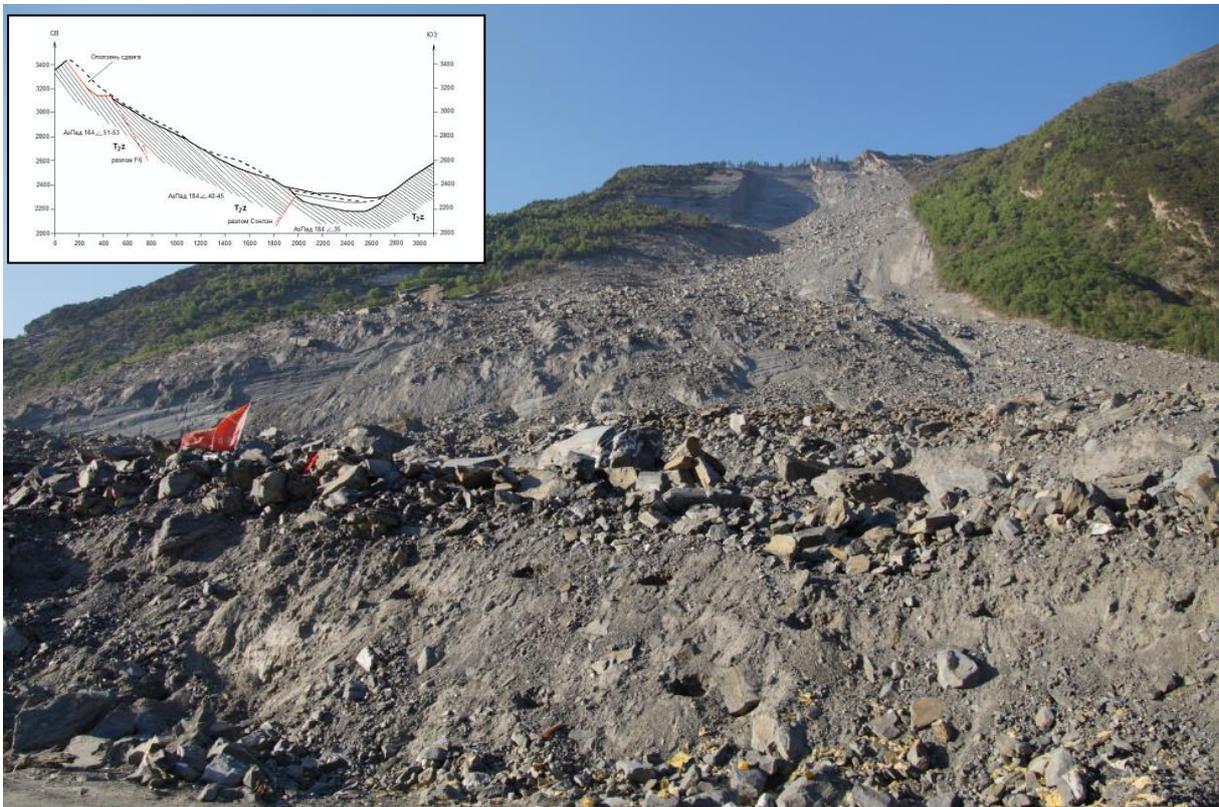


Рис. 3.12. Общий вид каменной лавины Ксенмо (Хінто) в метаморфизованных флишевых образованиях свиты Загунао (Zagunao) (T_{2z}), фото О.В.Зеркаля. Схематический разрез приведен (обобщенно) по [488, 572, 864] с изменениями.

Для тонкоплитчатых, рассланцованных разностей аргиллитов таврической серии (T_3-J_{1tv}) характерны несколько меньшие значения плотности - 2,25-2,40 г/см³ и существенно более низкие, по сравнению с метаморфизованными флишевыми образованиями тектонического блока Сунпань-Ганцзы, значения прочности на одноосное сжатие – от 0,18-0,25 МПа до 28 МПа, сцепление 0,28-0,06 МПа и угол внутреннего трения 26-32° [128]. Показатели прочностных свойств аргиллитов по напластованию существенно снижаются (сцепление 0,02-0,015 МПа, угол внутреннего трения до 20-24° [265]). Особенности аргиллитов таврической серии – неразмокаемость, относительно высокие прочностные характеристики, определяют основной тип оползней – оползни скольжения¹, формирующихся на склонах южного берега Крымского полуострова, слагаемых флишем в коренном залегании. Типичным оползнем скольжения является оползень на участке "мыс Ай-Фока" (рис. 3.14).

Оползневой участок "мыс Ай-Фока" располагается на южном склоне г. Папая-Кая (318,9 м), круто (до 34-36°) спускающегося в сторону Чёрного моря. Собственно мыс Ай-Фока представляет собой оползневой массив, вдающийся в море на ~40 м. Тело оползня состоит из серии (не менее 4) опрокинутых (в сторону склона) блоков, смещение которых происходило по вновь сформировавшейся круглоцилиндрической поверхности (рис. 3.15). Общая протяженность оползня (по направлению смещения) на суше составляет до 180 м, а его подводная часть (до выполаживания изобат вблизи отметок -20 м) достигает не менее 300 м. Ширина оползневого массива составляет до 420 м. Общий объем оползня достигает 5-6 млн. м³. Возраст оползня, исходя из отметок, на которых располагается его фронтальная (подводная) часть, оценивается как позднеплейстоцен-раннеголоценовый.

Краснополянский оползневой район² располагается в пределах Краснополянской тектонической пластины, выделяемой в верхней части долины р. Мзымта в тектонической зоне Южного склона Большого Кавказа (Кавказский прогиб, по В.Г. Трифонову [302]).

На рассматриваемой территории южного склона Большого Кавказа образования флишевой формации, сформировавшейся преимущественно в дистальной части турбидитных потоков [322], имеют ранне-среднеюрский (синемюр-аален) возраст и, в значительной мере, сопоставляются с верхней частью таврической серии Крыма [49]. Д.И. Панов и Н.И. Пруцкий в составе флишевой толщи Краснополянской тектонической зоны выделяли несколько свит (эстосадокскую (J_{1es}), чвежипсинскую ($J_{1čv}$), илларионовскую (J_{1il}), анчхойскую (J_{2an})), которые перекрываются вулканогенно-осадочными образованиями ачишхинской свиты

¹ К оползням скольжения относятся оползни, смещение которых происходит по вновь сформировавшейся круглоцилиндрической поверхности [98].

² Особенности развития оползней в Краснополянском оползневом районе также рассмотрены в главе 5.



Рис. 3.13. Общий вид флишевых образований таврической серии (T_3 - J_{1tv}) в районе мыса Ай-Фока (фото О.В.Зеркаля).

($J_2a\check{c}$) [233]. На рассматриваемом участке склоновые деформации приурочены к выходам чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$), слагаемой аргиллитами нерассланцованными, слюдистыми, темно-серыми или черными (рис. 3.16), залегающими с падением в юго-западном направлении (Аз. Пад. 240, угол падения от 30° до 40°) [49]. В отличие от флиша Цинхай-Тибетского нагорья и южного берега Крыма, флишевые образования чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$) являются менее литифицированными, в результате чего они не потеряли способности размокать [322, 729, 900].

Для аргиллитов чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$) характерны значения плотности равные $2,14$ - $2,23$ г/см³, величины прочности на одноосное сжатие – 7 - 9 МПа, снижающееся при водонасыщении до $1,8$ - $3,7$ МПа, сцепление $0,3$ - $0,025$ МПа и угол внутреннего трения 25 - 30° , существенно снижающееся в выветрелой зоне и при увлажнении - сцепление до $0,005$ - $0,002$ МПа и угол внутреннего трения до 15 - 20° [729, 900]. Особенности аргиллитов чвежипсинской

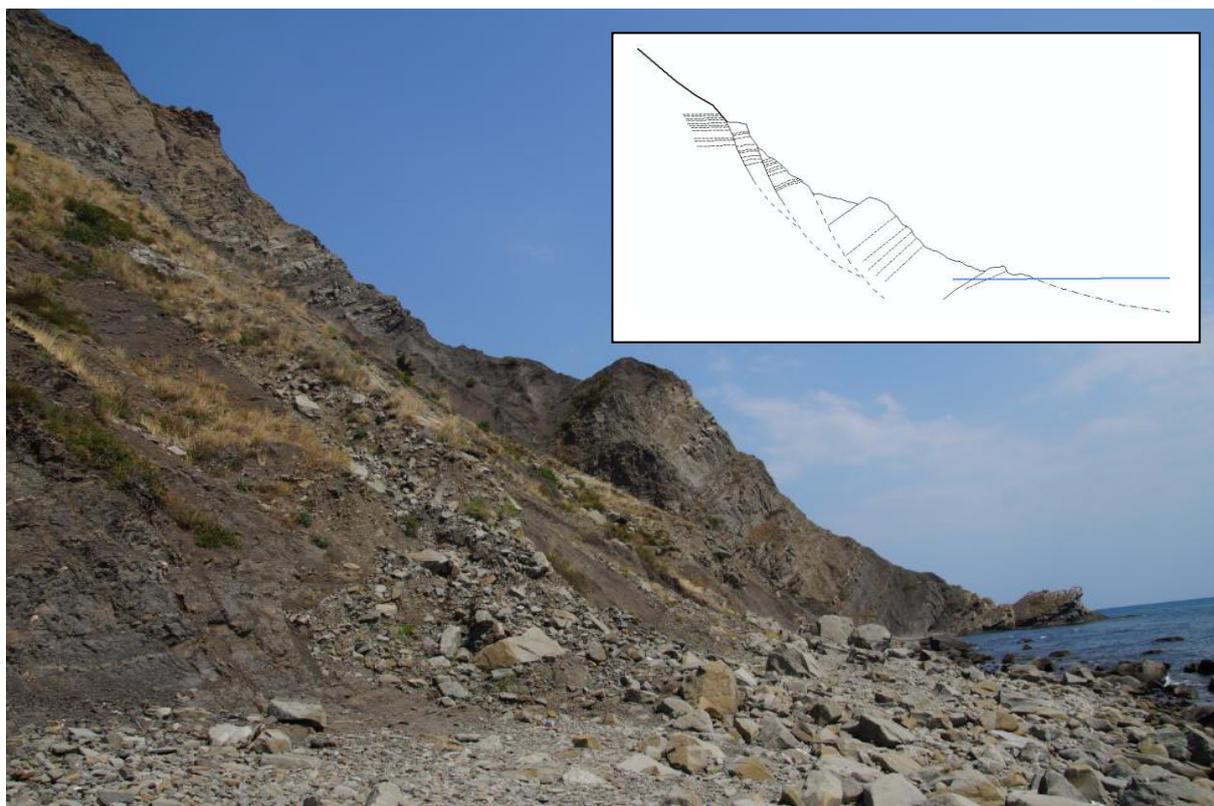


Рис. 3.14. Общий вид оползня скольжения, образовавшегося во флишевых отложениях таврической серии (T_3-J_{1tv}) на участке «мыс Ай-Фока», фото О.В.Зеркаля.



Рис. 3.15. Зона скольжения в основании оползневого блока на участке «мыс Ай-Фока» (фото О.В.Зеркаля).



Рис. 3.16. Общий вид флишевых образований чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$) в пределах Краснополянского оползневого района (фото О.В.Зеркаля).

свиты ($J_1\check{c}v$) – размокаемость, относительно невысокие прочностные характеристики в коренном залегании, соответствующие полускальным грунтам пониженной прочности, существенно снижающиеся при выветривании, определяют типы оползней, широко развитые в пределах Краснополянского оползневого района - оползни скольжения и оползни течения.

Одним из типичных оползней скольжения, имеющих широкое распространение в Краснополянском оползневом районе, является оползень на участке "Русские горки" (оползень №225 по "Каталогу оползней и обвалов северного склона хр. Аибга") [900]. Оползень располагается в левом борту нижней части эрозионно-денудационной ложбины – левого притока р. Мзымты. Локальная долина, в левом (западном) борту которой сформировался рассматриваемый оползень, имеет корытообразную форму. Общая ширина долины составляет 350-400 м. Высота левого борта долины достигает 90-120 м.

Оползень, зона отрыва которого располагается на обратном скате локального водораздела, является длительно развивающимся (начиная, по-видимому, с позднего неоплейстоцена), многоярусным. Протяженность оползня по оси смещения составляет до 250-270 м при ширине до 540 м. В смещения в составе оползня №225 вовлечены нижнеюрские терригенные образования чвежипсинской свиты с общим объемом порядка 5,6 млн. м³. Общее строение оползня на участке "Русские горки" показано на рисунке 3.17. Из приведенного

рисунка 3.17 видно, участок "Русские горки" может быть отнесен к кумулятивной разновидности оползневых участков типа "палимпсест".

Как было отмечено выше, помимо оползней скольжения, в Краснополянском оползневом районе широко развиты оползни течения, образование которых связано с потерей устойчивости склонов, слагаемых флишевыми образованиями при их увлажнении. Примеры небольших (объем $<1000 \text{ м}^3$) оползней течения, сформировавшихся в аргиллитах чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$) на участке "Русские горки" южнее вышерассмотренного оползня скольжения, показаны на рисунке 3.18. Следует обратить внимание, что дальнейшее увлажнение грунтов, слагающих склон, привело к повторному оползанию с образованием вложенного, вторичного оползня течения.

Другим примером влияния увлажнения на характер оползнеобразования на территориях, слагаемых флишевыми образованиями (аргиллиты чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$)), является формирование серии оползней течения на участке "Чёрный ручей" (Краснополянский оползневой район) в осенний период 2009 г., показанных на рисунке 3.19.

Подводя итог проведенного автором в ходе диссертационного исследования рассмотрения значимости, роли геологической истории в оценке оползневых и оползнеопасных территорий, выполненного на примере образований флишевой формации, можно констатировать, что геологическая история территории, безусловно, предопределяет как особенности структурно-тектонического строения района, определяя, с одной стороны, строение и характер залегания отложений, а с другой стороны, современные показатели свойств грунтов, формирующих склоновый массив. Эти характеристики представляют собой важнейшие факторы, оказывающие влияние на величину "удерживающих" сил, действующих в толще грунтов, в конечном итоге, напрямую влияя на устойчивость массива, а также определяют особенности развития оползневых деформаций при потере устойчивости - развитие смещений по существующим, геологически предопределенным зонам ослабления (напластование, трещиноватость и т.д.), образование новых зон (плоскостей скольжения) или возможность изменения состояния грунтов (переход в вязкопластичное состояние) под воздействием внешних факторов.

3.3.4. Учет геологической истории при оценке развития оползневых процессов на современном этапе, роль геологической истории в оползнеобразовании

Как было показано, современные оползневые деформации (смещение под действием силы тяжести горных пород) возникают "не вдруг". Подготовка к смещению склона (в т.ч. в

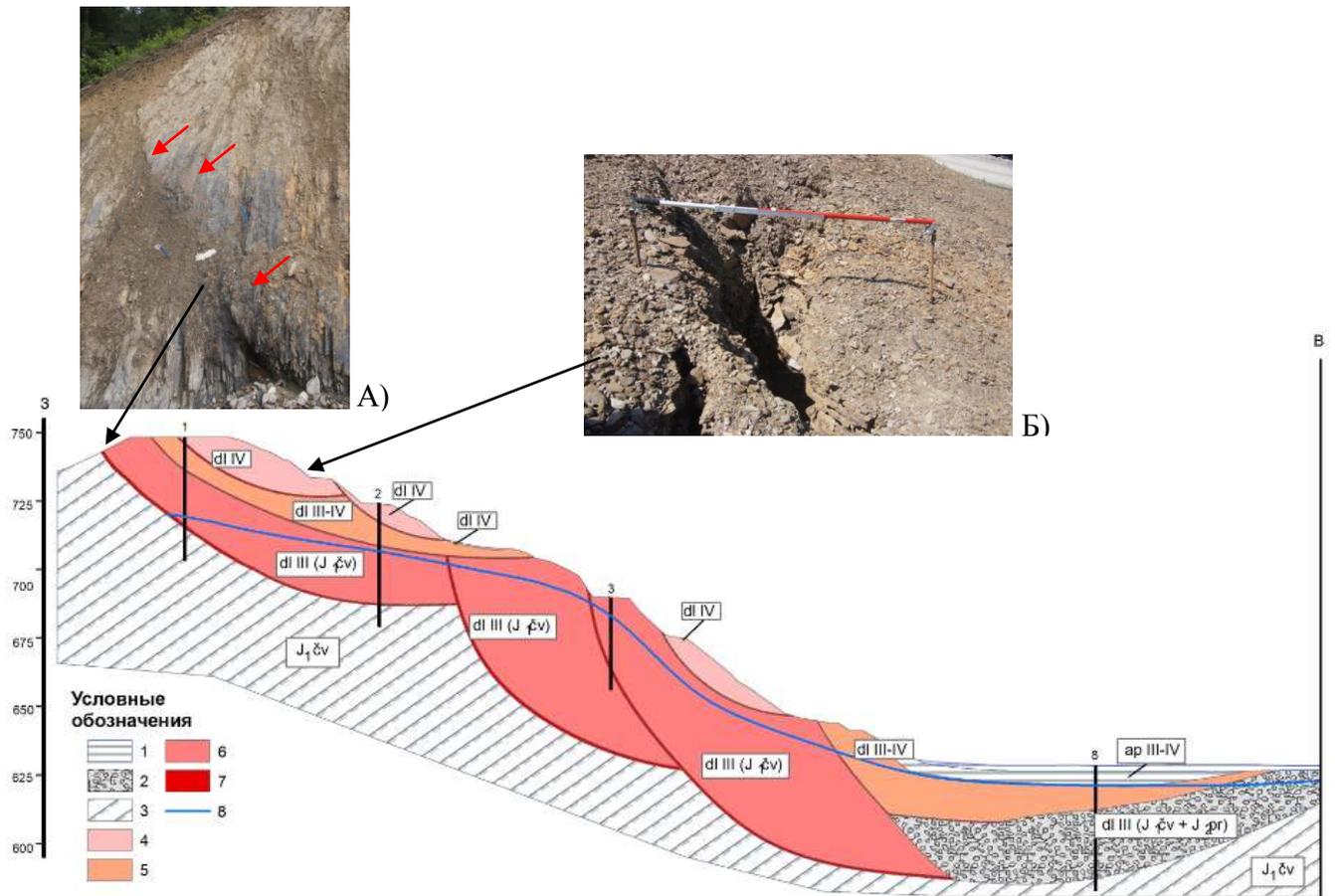


Рис. 3.17. Строение оползня на участке "Русские горки" (оползень №225 по "Каталогу оползней и обвалов северного склона хр. Аибга") (приведено по О.В.Зеркалю [900] с изменениями).

Условные обозначения: 1 – поздненеоплейстоцен-голоценовые аллювиально-пролювиальные отложения (ар IV); 2 – отложения древней каменной лавины (dl III($J_1\check{c}v+J_2pr$)), 3 – образования (аргиллиты) чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$); оползневые образования: 4 – первой фазы смещений (dl III($J_1\check{c}v$)); 5 - второй фазы смещений (dl III-IV($J_1\check{c}v$)); 6 - третьей фазы смещений (dl IV($J_1\check{c}v$)); 7 – зоны скольжения; 8 - уровень подземных вод.

А) – вскрытая эрозией зона скольжения на обратном скате локального водораздела (фото О.В. Зеркаля);

Б) – современная трещина отрыва, образовавшаяся при активизации оползня (фото О.В. Зеркаля).

геологическом времени), предшествующая началу деформаций, наряду с собственно смещением ("оползень-как-процесс"), сопровождающимся образованием "оползня-как-геологического тела" (в физическом времени), также представляет собой часть процесса развития оползней, обуславливая необходимость их рассмотрения как естественно-исторических геологических объектов.

Таким образом, понятия "развитие оползневых деформаций", "оползнеобразование", должны включать не только собственно непосредственные оползневые смещения ("оползень-как-процесс"), но и весь временной период их подготовки (как времени протекания процесса формирования условий к потере устойчивости), завершившегося в конкретный момент времени

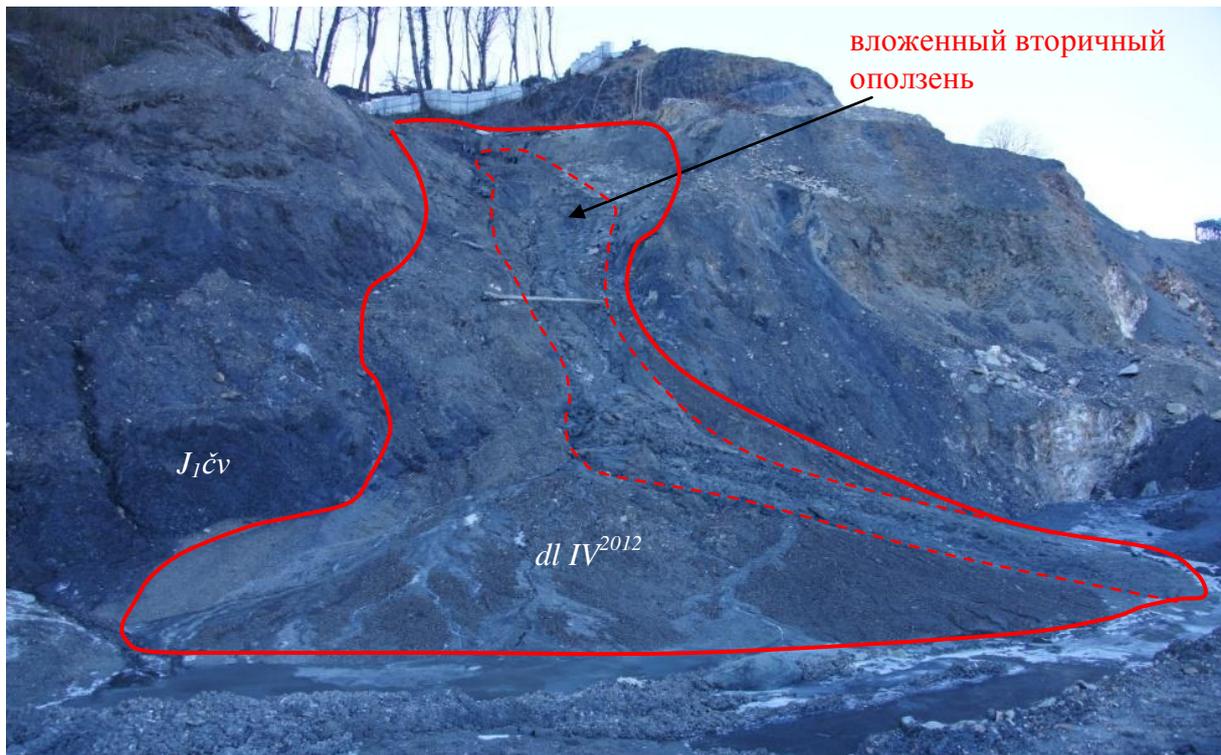


Рис. 3.18. Оползни течения, образовавшиеся на участке "Русские горки" при обводнении аргиллитов чвежипсинской свиты ($J_1\check{c}v$) при снеготаянии (зимний период 2012 г.), фото О.В. Зеркаля.

смещениями. Началом отсчета названного временного периода надлежит принимать время накопления отложений, слагающих в настоящее время рассматриваемую территорию. Именно таким образом, именно в описанном объеме, это следует подчеркнуть, необходимо рассматривать объект изучения в рамках оползневедения на стадии, когда объектом исследования выступает потенциально оползнеопасный склоновый массив грунтов, вычлняемый в составе геологической среды при оценке и прогнозировании оползневых процессов. Также анализ геологической истории в оползневедении является необходимым при ретроспективной оценке условий развития современных оползней, ориентированной на выявление наиболее значимых факторов развития деформаций, что особенно важно при определении направлений инженерной защиты.

Иными словами изучение оползней следует начинать с исследования состояния массива грунтов, слагающих склон и примыкающие территории, формирующегося длительное геологическое время, т.е. с научно-методической точки зрения "начало/старт изучения" склоновых деформаций не должен совпадать с моментом образования оползня, не должен совпадать с моментом образования склона, как это предлагалось ранее в рамках методического подхода изучения оползней и предусмотрено действующими нормативными документами, регламентирующими проведение изысканий на оползневых и оползнеопасных склонах, а

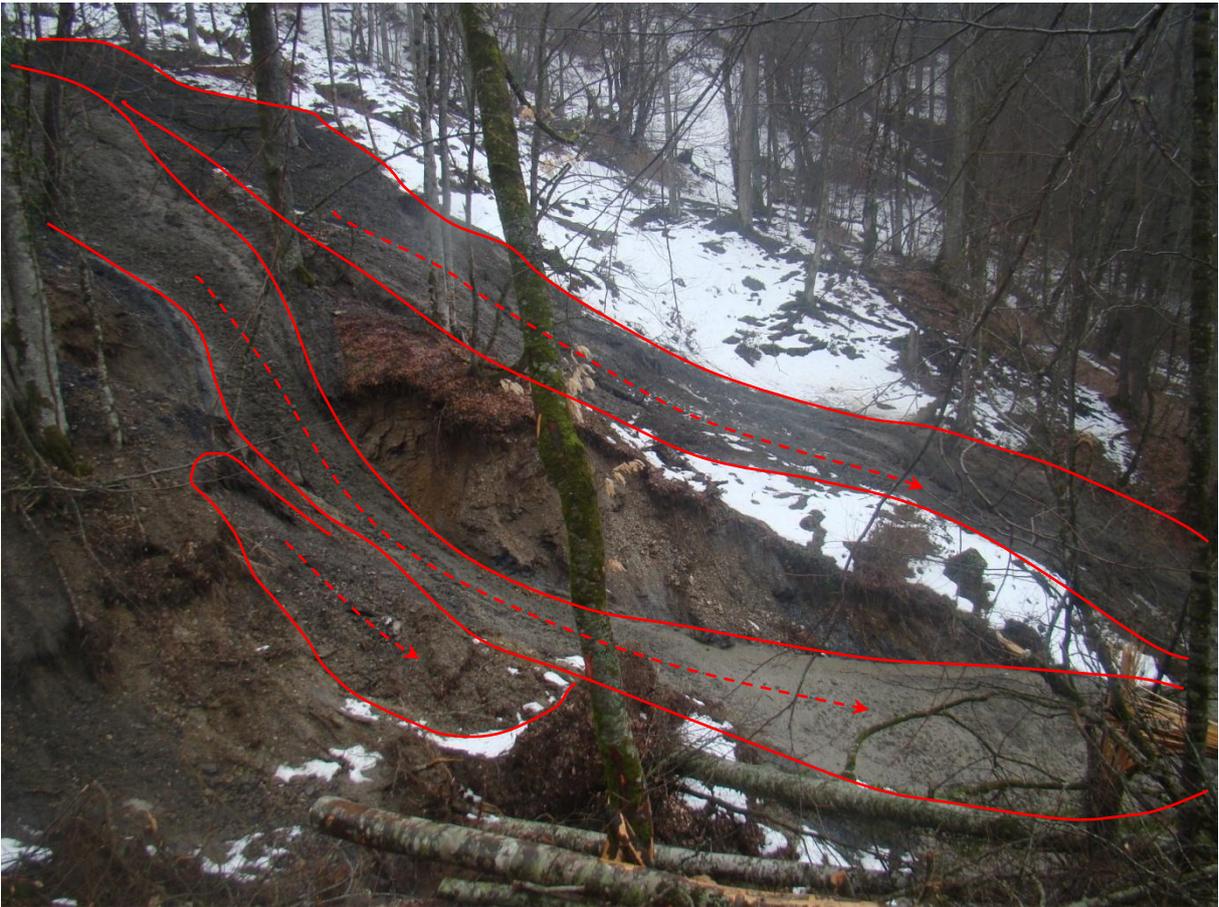


Рис. 3.19. Оползни течения, образовавшиеся на участке "Чёрный ручей" при обводнении аргиллитов чвежипсинской свиты ($J_1\tilde{c}v$) при снеготаянии (осенне-зимний период 2009 г.), фото О.В. Зеркаля.

должен включать в себя исследование предшествующих состояний массива грунтов, образующего склон, в т.ч. рассмотрение всей истории его естественного геологического развития.

Другим важным аспектом, требующим учета при изучении оползней, является то, что геологическая история "оползня-как-геологического тела" не заканчивается с завершением деформаций (с окончанием развития "оползня-как-процесса"). В дальнейшем, в будущем "оползни-как-геологические тела", вероятно, будут подвергаться воздействию других геологических процессов, в т.ч. эродироваться, переотлагаться, перекрываться и т.д. Это особенно наглядно представляется при изучении оползневых участков типа "палимпсест", примеры которых приведены выше. Таким образом, изучение оползней не должно завершаться на стадии стабилизации оползневых тел, а продолжаться и далее, давая материал для последующих актуалистических построений и геодинамических реконструкций.

Предлагаемое схематическое представление о природе "оползня" как естественно-исторического геологического тела с учетом истории развития территории (в геологическом

времени), действия в настоящее время факторов (в физическом времени), влияющих на современную устойчивость склонов, показано на рисунке 3.20.

Из приведенного рисунка видно, что подготовка к смещениям (до начала формирования "оползня-как-процесса") является результатом длительного (в геологическом времени) развития территории, и эта стадия может быть разделена на два периода:

- период формирования основных составляющих, определяющих величины "удерживающих" сил, действующих в массиве грунтов, обеспечивающих устойчивость склонов – особенностей структурно-тектонического строения территории, показателей свойств грунтов массива, приобретенных в результате произошедших постседиментационных преобразований;

- период формирования основных составляющих, определяющих величины "сдвигающих" сил, действующих в массиве грунтов, приводящих, в итоге, к потере устойчивости склоном – особенностей геоморфологических и неотектонических условий, в т.ч. влияющих на действие зональных геологических факторов.

Таким образом, для установления особенностей развития распределения современных оползневых процессов изучения, выявления закономерностей (существующих и прогнозируемых) развития оползня (как процесса) необходимо прослеживание геологического прошлого того или иного участка геологической среды во временной целостности (как естественно-исторического объекта), при котором конечная фаза – собственно склоновые деформации - обусловлена всей историей развития территории. Иными словами, изучение оползней, по существу, требует решения двуединой задачи - одновременного исследования как современной динамики геологической среды (*традиционный подход*), так и изучения геологического объекта, непрерывно длительно развивающегося отрезке времени, охватывающего прошлое (ретроспективно, на предшествующих этапах геологической истории) и будущее (прогнозно) (*предлагаемое развитие общей методологии*).

Именно рассмотрение полихронных состояний изучаемого объекта (массива грунтов, формирующего склон, как части геологической среды) является отличительной чертой предлагаемого методического подхода, основанного на понимании природы оползней как естественно-исторических объектов, в то время как ранее используемый сравнительно-геологический метод опирается исключительно на различные виды сравнения одновременно существующих (монокронно) геологических объектов.

В ходе диссертационного исследования автором с использованием предлагаемого подхода - рассмотрение «оползней» как естественно-исторических геологических тел с учетом истории развития территории, была проанализирована серия оползней, развитие которых произошло в различных регионах с различными инженерно-геологическими условиями - Буреинский оползень, а также оползни в областях развития флишевых пород, рассмотренные

выше.

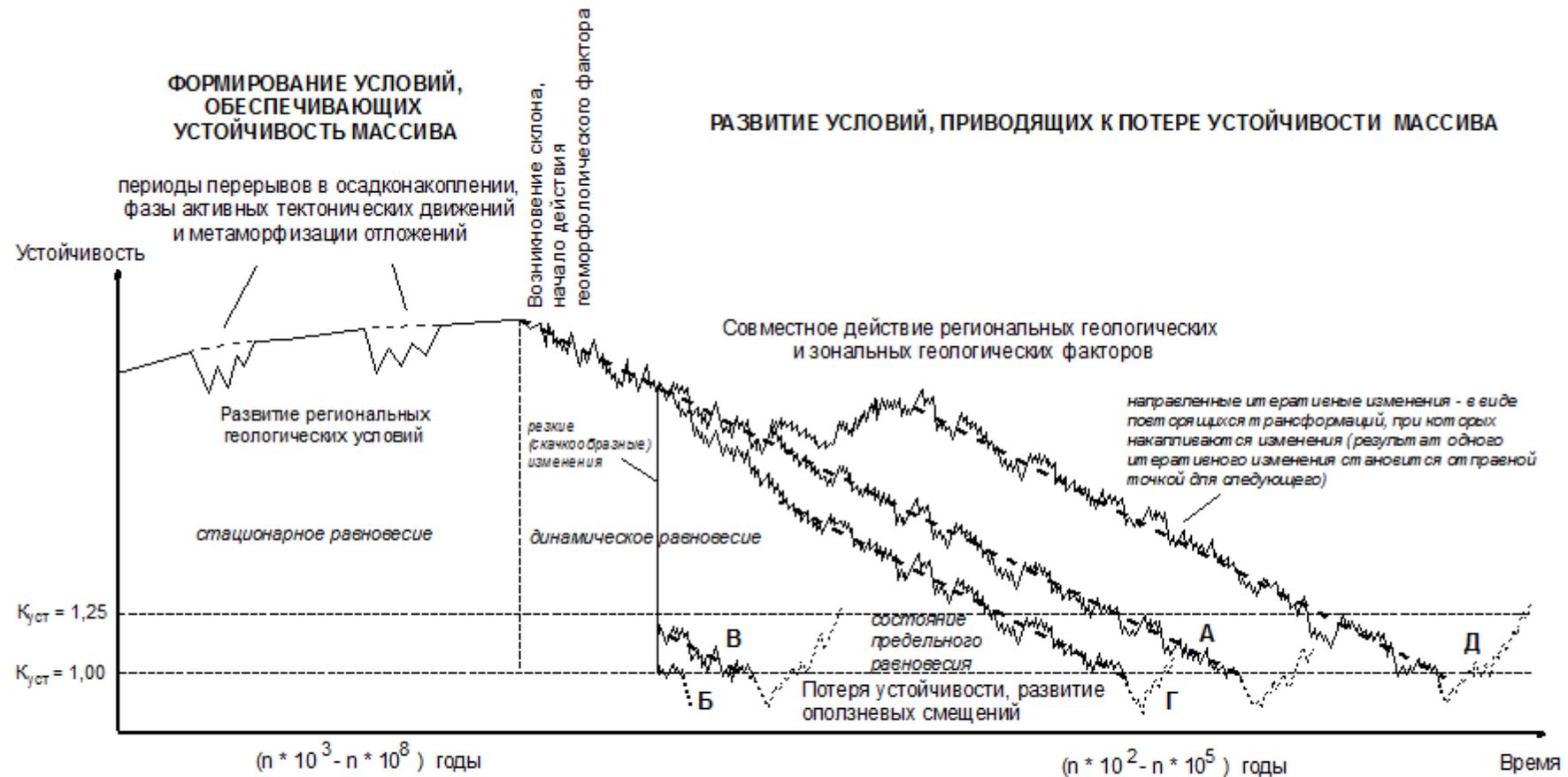
Буреинский оползень¹. Образование Буреинского оползня произошло 11 декабря 2018 г. в левом борту субширотного отрезка долины р. Бурей (на участке Бурейского водохранилища), где река пересекает Буреинскую горную область, представляющую собой эрозионно-денудационное массивное низкогорье с абсолютными отметками куполовидных водораздельных возвышенностей до 600-640 м. На участке образования оползня относительная высота левого борта долины, имевшего общую крутизну до 30°, достигает порядка 310 м (~250 м над уровнем водохранилища), переходя в дальнейшем в достаточно крутой (22-24°) склон приводораздельной возвышенности. Структурно участок оползнеобразования располагается на востоке Мельгинского блока в северной части Буреинского (Туранского) массива (Буреинского супертеррейна Бурей-Ханкайского орогенного пояса, по [58]). Непосредственно на рассматриваемом участке левобережный борт долины р. Бурей сложен отложениями урильской свиты (R-Vur), представленной биотитовыми и двуслюдяными сланцами, с пачками метаандезитов, простирающихся, в целом, параллельно склону, амфиболитами и линзами мраморов, а также гнейсами [353]. Первично метаморфические образования урильской свиты представляли собой накапливавшуюся в рифей-венде толщу вулканогенно-терригенных отложений, которые в период позднекаледонской (S-D₁¹) фазы орогенеза приобрели вид тектонического меланжа с характерным незакономерно распределением линз и блоков пород разного состава и маркирующими сутуру офиолитами [58 149]. В дальнейшем, эти отложения были мигматизированы и прорваны многочисленными дайками граносиенит-порфиров, ориентированными вкрест склона (рис. 3.21).

Смещение Буреинского оползня (рис. 2.9) произошло в два этапа. В начальной фазе I этапа смещения происходили в виде сдвига блока (по типу "клин"), закол которого по существующим геологическим неоднородностям (плоскостям тектонических нарушений, геологическим контактам, сланцеватости и т.д.). В дальнейшем, оползень сдвига трансформировался в каменную лавину, перемещавшуюся в север-северо-восточном направлении со скоростью до 25-26 м/с (90 км/ч) [110, 902]. В результате смещений оползневые массы объемом до 12 млн. м³ перекрыли долину р. Бурей и вышли на противоположный борт. Начальная фаза II этапа смещения также представляла собой скольжение (с опрокидыванием) крупного блока пород, заколовшегося восточнее блока I фазы по контакту с дайкой, секущей

¹ При подготовке данного подраздела диссертации использована следующая публикация, выполненная автором лично (в соавторстве), в которой, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

Зеркаль О.В., Махинов А.Н., Кудымов А.В., Харитонов М.Е., Фоменко И.К., Барыкина О.С. Буреинский оползень 11 декабря 2018 г. Условия формирования и особенности механизма развития//Геориск. - 2019. - Том XII. - №4. - С. 46-58. Объем авторского вклада – 30%.

ФОРМИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЯ КАК ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ТЕЛА



Сценарии подготовки развития оползней:

А - длительная постепенная (денудационная) подготовка склоновых деформаций;

Б - катастрофическое воздействие триггерного фактора (например, высокоинтенсивного сейсмического воздействия низкой повторяемости);

В - воздействие триггерного фактора, которое не привело к мгновенной потере устойчивости склоном;

Г - интенсификация негативного воздействия факторов (например, интенсификация тектонического воздымания, сопровождающаяся ростом крутизны и высоты склонов или понижением базиса эрозии при регрессии моря);

Д - снижение негативного воздействия факторов (например, снижение количества и интенсивности осадков).

Рис. 3.20. Схематическое представление (идеализированная последовательность формирования и изменения устойчивости массива в геологическом времени) развития оползня как естественно-исторического геологического тела.

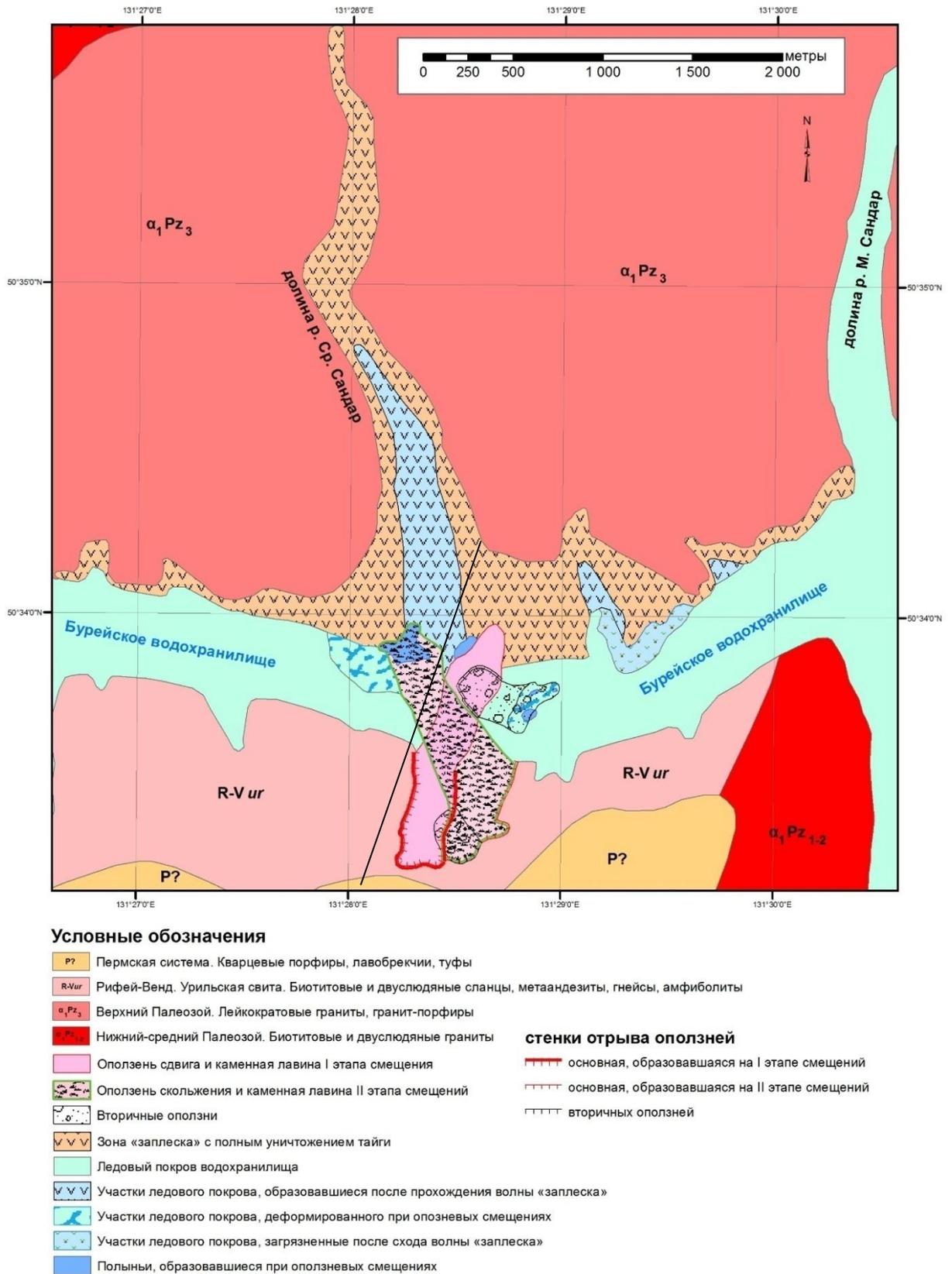


Рис. 3.21. Карта Буреинского оползня и зоны его воздействия (сост. О.В.Зеркалем, приведено по [110]). Геологическое строение района приведено по Геологической карте масштаба 1:200000, лист М-52-ХVIII (с изменениями).

склон вкрест его простирания. При последующих перемещениях из раздробленных образований урильской свиты образуется протяженный (до 840 м) оползневой язык, двигавшийся в север-северо-западном направлении с высокой скоростью (до ~60 м/с (~216 км/ч), по [110, 902]) и перекрывший устье правого притока р. Буреи – р. Ср. Сандар. Общий объем горных пород, вовлеченных в смещения при образовании Буреинского оползня, оценивается в 25 млн. м³. Соотношение дальности смещения к перепаду высоты, пройденной оползневыми массами: для I этапа - $H/L = 0,18$, угол «пути смещения» - порядка 10,4°, для II этапа - $H/L = 0,15$, угол «пути смещения» - порядка 8,6°.

Анализ Буреинского оползня с естественно-исторических позиций с учетом истории развития территории позволяет выделить и охарактеризовать несколько стадий подготовки склоновых деформаций (рис. 3.22):

Дооползневая стадия:

- первая подстадия - формирование условий, обеспечивающих устойчивость массива:
 - накопление в рифей-вендское время вулканогенно-терригенных отложений урильской свиты, слагающих левый борт долины р. Бурея;
 - постседиментационные преобразования первично вулканогенно-терригенных отложений (образование тектонического меланжа (рис. 3.23), метаморфизация до амфиболитовой фации) в период позднекаледонской ($S-D_1^1$), поздневарисской (позднегерцинской, $C_2-P_1^1$) и индосинийской (раннекиммерийской, $T-J_1^1$) фаз тектонической активности (по [58, 819]);
- вторая подстадия - формирование условий, снижающих устойчивость массива [110, 902]:
 - нарушение сплошности массива горных пород в результате разновозрастного внедрения даек и развития тектонических нарушений (рис. 3.24 и 3.25);
 - современная тектоническая активность в пределах Амурской плиты, прослеживаемая начиная с N_1^{2-3} ;
 - формирование современного рельефа с образованием вреза долины р. Бурея – начиная с раннего неогена;
 - современное техногенное воздействие – создание Буреинского водохранилища.

Предоползневая стадия:

- достижение массивом грунтов, формирующим склон, состояния предельного равновесия;

Стадия развития оползневых деформаций, включающая:

- медленные деформации, развивавшиеся до декабря 2018 г. (рис. 3.26);
- первую фазу смещения - оползень сдвига (типа "клин") в западной части цирка,

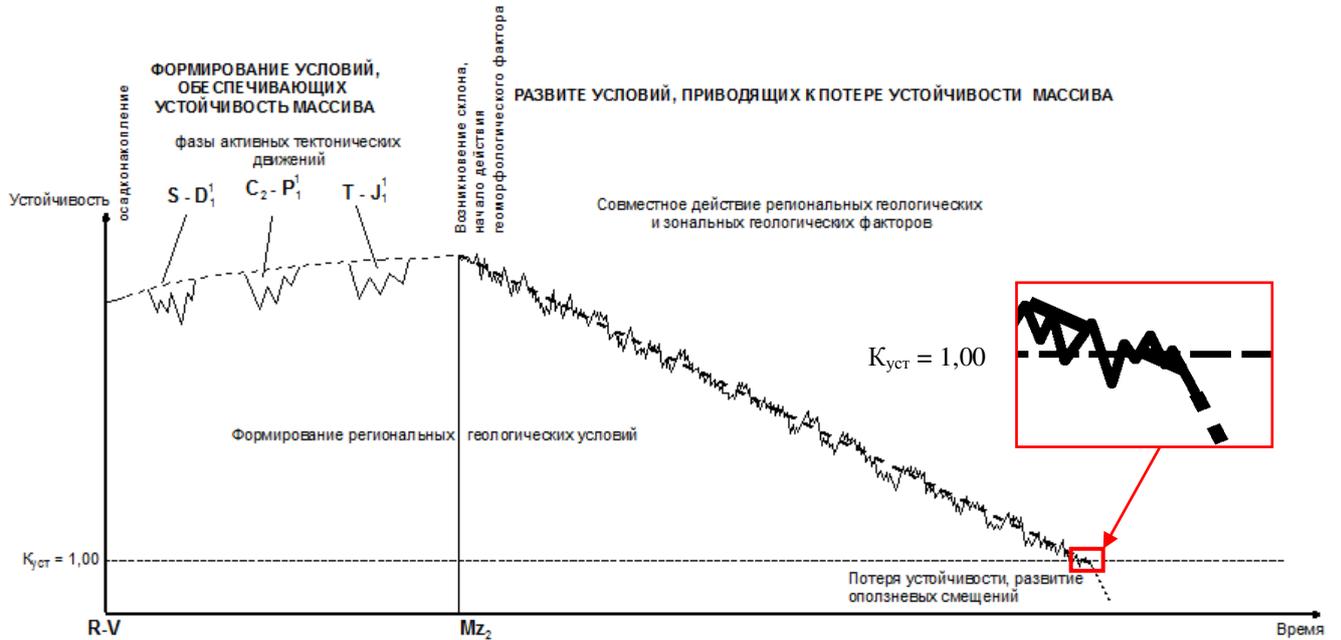


Рис. 3.22. Схематическое представление развития Буреинского оползня как естественно-исторического объекта.

трансформировавшийся в каменную лавину, смещавшуюся со скоростью до 25-26 м/с (90 км/ч) в С-СВ направлении;

- вторая фаза смещения - оползень скольжения в восточной части цирка, трансформировавшийся в каменную лавину, смещавшуюся с высокой скоростью (до ~60 м/с (~216 км/ч) в С-СЗ направлении;

- последующая фаза – выработка нового профиля равновесия (на момент окончания полевых работ (июль 2020 г.) – не завершилась).

Анализ описанных выше оползней в областях распространения флишевых пород с естественно-исторических позиций с учетом геологической истории территорий их образования также позволяет выделить и охарактеризовать основные стадии подготовки и развития склоновых деформаций (табл. 3.3), включая различные составляющие дооползневой стадии, предоползневую стадию и стадию собственно развития оползневых деформаций. В составе дооползневой стадии, помимо традиционно рассматриваемого в инженерной геодинамике периода формирования условий, снижающих устойчивость массива, оцениваемого с момента начала образования склона, дополнительно выделяется период формирования условий, обеспечивающих, повышающих устойчивость массива. При этом часть факторов, действующих на дооползневой стадии, в зависимости от особенностей исторического (эволюционного) развития, уникального для каждого из участков оползнеобразования, может обеспечивать либо

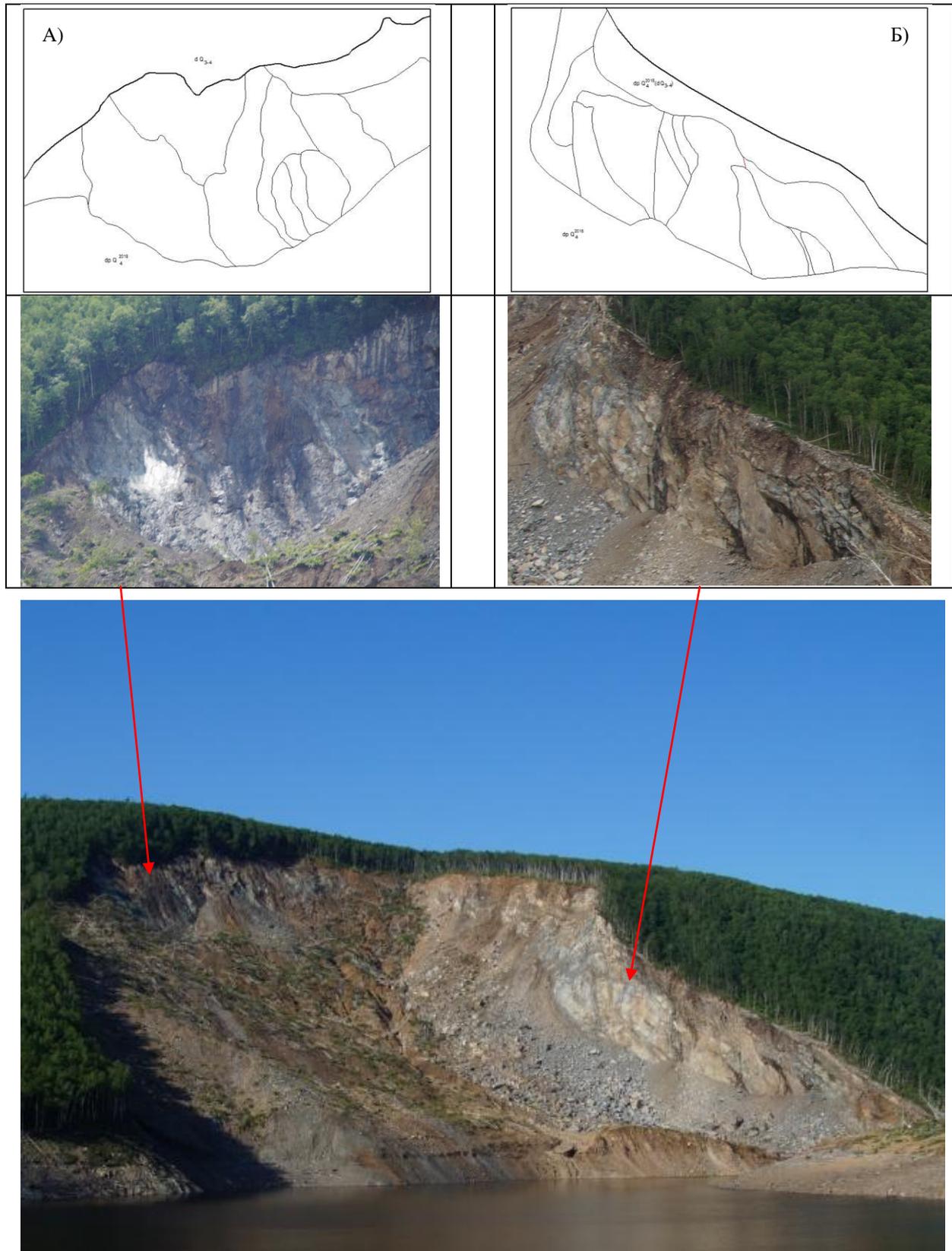


Рис. 3.23. Общий вид цирка Буреинского оползня 11.12.2018 г. (фото О.В.Зеркаля). В бортах оползневого цирка прослеживается незакономерное распределение линз и блоков пород разного состава, слагающих толщу урильской свиты (R-Vur).



Рис. 3.24. Дайки граносиенит-порфиров, ориентированные вкрест склона левого борта долины р. Буря (фото О.В.Зеркаля).

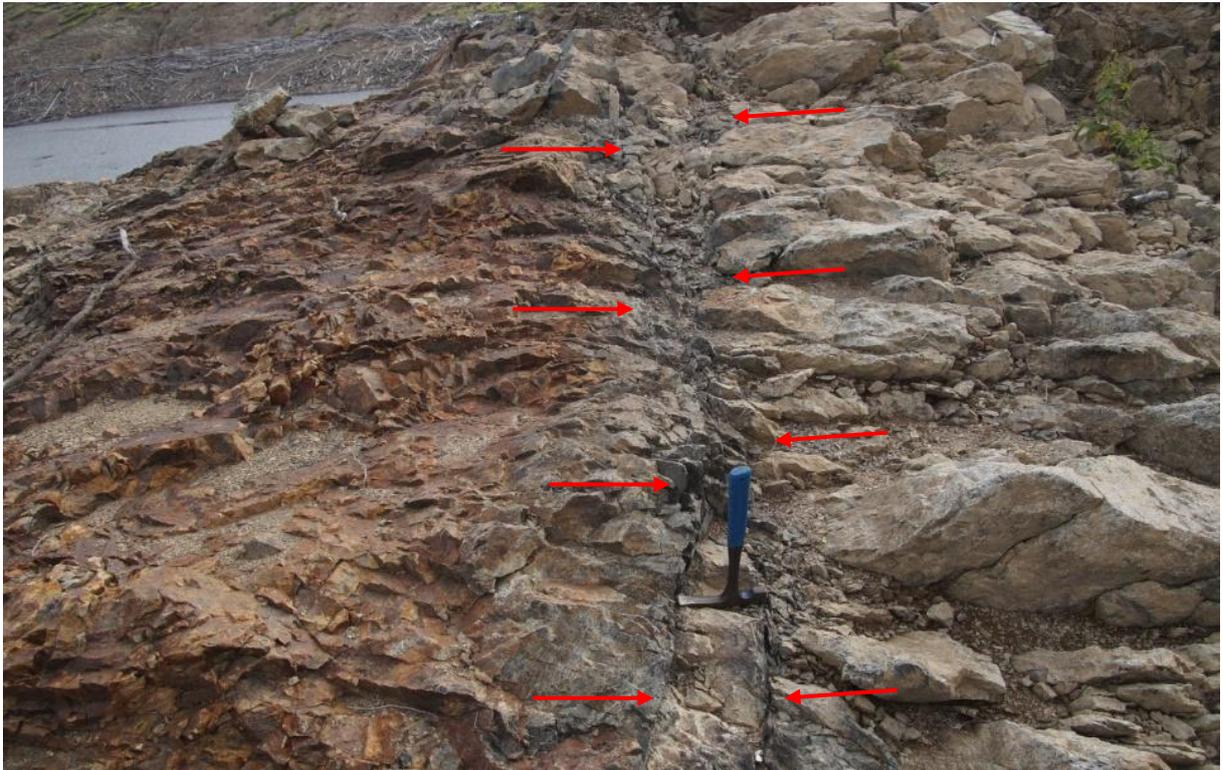


Рис. 3.25. Зона современного субмеридиально ориентированного разлома (взбросо-сдвиг), в районе развития Буреинского оползня (фото О.В.Зеркаля).

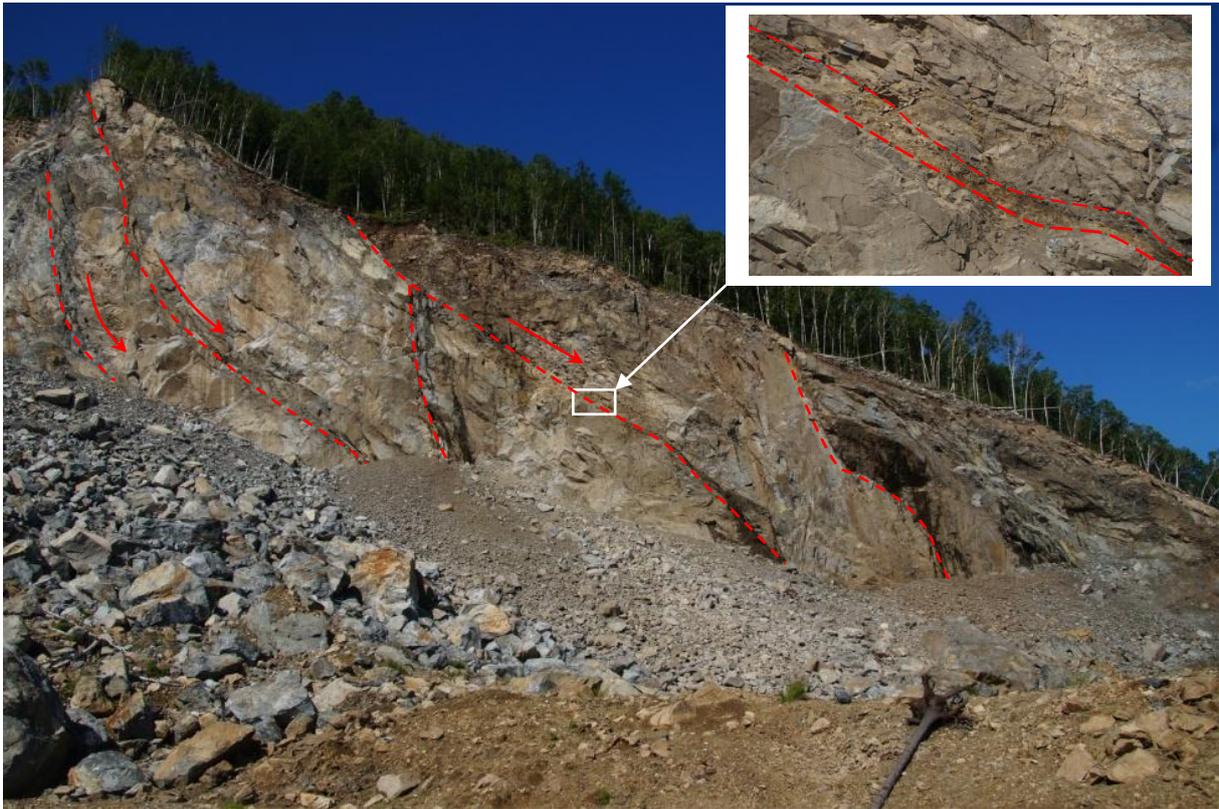


Рис. 3.26. Общий вид западной стенки цирка Буреинского оползня, слагаемой отложениями урильской свиты (фото О.В.Зеркаля). В стенке хорошо видны ранее образовавшиеся (до 12.2018) плоскости скольжения.

повышение устойчивости массива, например, складкообразование, в результате которого отложения приобрели падение "в склон", либо приводить к снижающих устойчивости массива, например, складкообразование, которое привело к падению отложений "по склону". Предоползнева стадия представляет собой конфигурацию инженерно-геологических условий, при которых действие тех или иных факторов (дополнительное увлажнение во время осадков, сейсмическое воздействие, техногенное воздействие и др.), получивших наименования триггерных, приведет к потере устойчивости склоном.

Выводы. Рассмотрение оползней как естественно-исторических тел через призму геологической истории развития территории, влияния геологической истории на современную устойчивость склонов, является важнейшей частью методологии изучения оползней. При этом геологическая история анализируется как последовательное формирование (в результате накопления отложений), структурирование и дифференциация геологического разреза, "выбраковка" (разрушение и вынос) неустойчивых элементов при сохранении – уплотнение/упрочнение (литификация/метаморфизация) - устойчивых элементов, что обеспечивает, повышает современную устойчивость массива. В дальнейшем (или параллельно),

Представление развития оползней как естественно-исторических объектов

Дооползневая и предоползневая стадии	Стадия развития оползневых деформаций
Оползень Ксенмо (Xinmo)	
<p><u>1. Формирование условий, обеспечивающих устойчивость массива:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - накопление флиша в триасовое время (T_2z); - постседиментационные преобразования отложений флишевой формации (региональная метаморфизация до филлитовой фации) в период фаз тектонической активности; <p><u>2. Формирование условий, снижающих устойчивость массива:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - складкообразование с приобретением отложениями падения «по склону»; - современная тектоническая активность в пределах тектонического блока Сунпань-Ганцзы, прослеживаемая начиная с миоцена; - формирование современного рельефа с образованием эрозионного вреза долины р. Сонпэнгу; <p><u>3. Триггерное воздействие</u> – интенсивные осадки</p>	<ul style="list-style-type: none"> - первая фаза смещения - оползень сдвига (типа "клин") в головной части оползня; - вторая фаза смещения - трансформация оползня сдвига в каменную лавину и ее смещение с вовлечение дополнительного материала, дополнительные заколы в головной части; - завершающая фаза смещения – торможение каменной лавины с формированием оползневой дамбы, перекрывшей долину р. Сонпэнгу
Оползень на участке «мыс Ай-Фока»	
<p><u>1. Формирование условий, обеспечивающих устойчивость массива:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - накопление флиша таврической серии (T_3-J_1tv); - постседиментационные преобразования отложений флишевой формации (аргиллитовой стадии катагенеза); 	<ul style="list-style-type: none"> - последовательное образование блоков в составе оползня скольжения

Дооползневая и предоползневая стадии	Стадия развития оползневых деформаций
<p>- складкообразование с приобретением отложениями падения «в склон»;</p> <p><u>2. Формирование условий, снижающих устойчивость массива:</u></p> <p>- периодическое понижение уровня Чёрного моря;</p> <p>- абразионный подмыв склона;</p> <p>3. <u>Возможное триггерное воздействие</u> – резкая активизация абразии в условиях шторма</p>	
Оползень на участке «Русские горки» (Краснополянский оползневой район)	
<p><u>1. Формирование условий, обеспечивающих устойчивость массива:</u></p> <p>- накопление флиша в раннеюрское время (J₁сv);</p> <p>- постседиментационные преобразования отложений флишевой формации;</p> <p>- складкообразование с приобретением отложениями падения «в склон»;</p> <p>- прохождение каменной лавины, создание упора в основании склона;</p> <p><u>2. Формирование условий, снижающих устойчивость массива:</u></p> <p>- формирование современного рельефа с образованием эрозионного вреза;</p> <p>- резкое снижение показателей прочностных свойств при увлажнении в результате действия климатических факторов;</p> <p>- техногенное воздействие (подрезка и пригрузка склона)</p> <p>3. <u>Триггерное воздействие</u> – техногенная деятельность</p>	<p>- первая фаза смещения – образование оползня скольжения в позднем неоплейстоцене;</p> <p>- вторая фаза смещений – вторичные смещения в пределах первоначального оползневого тела с образованием второго яруса оползневых блоков</p> <p>- третья фаза смещений – вторичные, техногенно спровоцированные смещения в пределах существующего оползневого тела с образованием третьего яруса оползневых блоков</p>

происходит индивидуализация (уникализация) территории, происходящая, во-первых, вследствие наследования строения, структуры при последующих стадиях геологического, в т.ч. тектонического, развития и трансформации территории, во-вторых, дифференциации в результате непропорциональности изменений (различия в скорости) по сравнению с иными, в т.ч. смежными, территориями, в-третьих, в результате возможной смены траектории/направления геологических изменений и преобразований. В итоге формируется набор особых характеристик того или иного участка, лежащих в основе, образующих его уникальность. Происходящие изменения (слагающие) при индивидуализации (уникализации) территории могут приводить к дальнейшему как повышению современной устойчивости массива, так и способствовать ее снижению. На определенном этапе геологической истории происходит образование склона, что является причиной начала действия факторов, снижающей устойчивость массива, которые могут усиливаться при последующем геологическом, тектоническом развитии территории. В конечном итоге геологическая история территории формирует *конфигурацию инженерно-геологических условий*, при которых возможны деформации массива грунтов, образующего склон, с дальнейшим развитием оползневых процессов.

Хотя стабильные, статичные особенности могут наблюдаться на некоторых временных отрезках и периодах, наблюдаемое состояние геологической среды должно пониматься как исторически обусловленный "моментальный снимок"/"временной срез", относимый при анализе развития оползней к "факторам среды", рассматриваемых в составе региональных геологических факторов (по В.Т. Трофимову).

3.4. Особенности подхода к изучению оползней как геологических явлений, представляющих собой результат естественно-исторического процесса

3.4.1. Теоретические положения геодинамического подхода и их развитие с учетом рассмотрения оползней как естественно-исторических тел¹

Таким образом, на основе результатов анализа, проведенного автором в ходе

¹ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором лично, в которых отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Зеркаль О.В. Особенности оползней как объектов изучения//Фундаментальные и прикладные вопросы инженерной геодинамики/Сергеевские чтения, Вып. 24: Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Казань, 30-31.03.2023 г.). - М.: Изд-во «Геоинфо», 2023. - С. 13-17. Объем авторского вклада – 100%.

2. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России/под ред. В.Т. Трофимова и Э.В. Калинина. – М.: КДУ, 2013. - 816 с.:

Глава 32. Закономерности распределение современных природных геологических процессов (с. 674-696). Объем авторского вклада при подготовке главы 32 монографии – 100%.

диссертационного исследования, могут быть сформулированы следующие общие основы теоретических представлений в составе методологии изучения оползней в рамках геодинамического подхода:

1. Представление об **"оползне"** (**"оползень-как-объект изучения"**) как **естественно-историческом геологическом объекте, подготовка к смещению которого происходит в геологическом времени.**

2. Понимание, что **собственно смещение ("оползень-как-процесс") может протекать как в физическом времени (как правило), так и в геологическом времени, в результате которого формируется новый геологический объект ("оползень-как-геологическое тело"), геологическое развитие которого продолжается и после завершения склоновых деформаций.**

3. Принятие принципа **"прошлое и настоящее - ключи к будущему"** для решения задач прогнозирования, оценки оползневой опасности, в т.ч. при изучении территорий, где оползневые процессы в настоящее время отсутствуют.

Реализация трактовки оползней как результата развивающегося естественно-исторического геологического процесса, отталкивающаяся от утверждения, предложенного Д.Д. Варнсом, - "прошлое и настоящее - ключи к будущему" [850], позволяет сформулировать базовые положения геодинамического подхода в рассмотрении склоновых процессов, лежащих в основе общей методологии инженерно-геологического изучения современных оползневых и других гравитационных склоновых процессов, которые основываются на следующих общетеоретических предпосылках [93, 305]:

- инженерно-геологические условия, в т.ч. на оползневых и оползнеопасных участках, представляют собой открытую, сложную, многофакторную, изменяющуюся во времени систему, современное состояние которой определяется как структурно-геологическими, так и современными климатическими особенностями территории, а на освоенных массивах - и характером техногенного воздействия (по В. Т. Трофимову);

- инженерно-геологические условия, в т.ч. на оползневых и оползнеопасных участках, являются сложной по строению динамической системой (по Г.С. Золотареву), внешним проявлением динамики которой является развитие современных геологических процессов.

Первая предпосылка обеспечивает обоснование анализа территории как непрерывно длительно развивающегося геологического (естественно-исторического) объекта, а вторая предпосылка выступает основой оценки современной динамики рассматриваемого участка геологической среды, а также является базисом оценки оползневой опасности и прогнозирования оползней.

Рассмотрение общетеоретических вопросов изучения оползней, выполненное автором в

ходе диссертационного исследования, позволяет сделать вывод о том, что научный метод (общетеоретический базис) оползневедения, как одного из специально-научных направлений инженерной геодинамики, характеризуется собственной спецификой, заключающейся в использовании мультиметодологического подхода, основу которого формируют следующие фундаментальные утверждения:

Утверждение 1 (*реализующее принцип историзма в рамках естественно-исторического подхода в геологии*) - изменяющейся геологической среде и оползневым процессам (как одного из проявлений динамики инженерно-геологических условий) присущи историчность - направленность, необратимость, и, в ряде случаев, унаследованность в развитии;

Утверждение 2 (*реализующее принцип познаваемости*) - основные условия (инженерно-геологические условия), при которых происходит развитие современных оползневых и других склоновых процессов и которые определяют закономерности распределения оползневых процессов, обуславливаются действием опознаваемых (в процессе изучения) природных и природно-техногенных факторов, которые могут и должны быть выявлены и исследованы; в составе факторов определяющих развитие оползневых и других склоновых процессов выделяются региональные (в т.ч. регионально-провинциальные), зональные (в т.ч. зонально-секторные) геологические и триггерные, а на территориях интенсивного освоения – техногенные факторы;

Утверждение 3 (*реализующее принцип однообразия в геодинамике - условия развития будущих геологических процессов и явлений, вызываемых этими процессами, имеют много общего с условиями развития как прошлых, так и современных процессов*) - развитие современных оползневых процессов (с учетом разнообразия их типов и видов) будет происходить при близких (подобных) сочетаниях инженерно-геологических условий, в конкретных инженерно-геологических обстановках, таких же, как и ранее наблюдавшихся.

Развитием "Утверждения 2" следует рассматривать, как было показано ранее В.К.Кучаев по результатам эмпирических обобщений, принятие для оползней свойства эргодичных процессов, суть которого заключается в том, что закономерности, полученные за относительно небольшой промежуток времени, но для большой площади, будут такими же, как если бы исследования проводились на малой площади, но процесс изучался очень длительное время [164-167].

Указанные утверждения следует рассматривать как аксиоматическую базу изучения, оценки развития и пространственного распределения современных оползневых и других гравитационных склоновых процессов.

При этом общая методология изучения, оценки развития оползневых процессов, закономерности их динамики и распространения, базирующаяся на историко-генетических

(естественно-исторических) воззрениях на природу оползней, развиваемых в настоящем диссертационном исследовании, включает в себя триаду методические приемы:

- *функциональный подход, основанный на анализе причинно-следственных связей (с задачей выявления «почему это происходит»)*, реализуемый в виде регионального и зонального анализа комплекса факторов, их сочетания в конкретных инженерно-геологических обстановках, при которых происходит формирование, развитие или активизация оползней;

- *естественно-исторический подход, заключающийся в стадийном анализе и выявлении (в основном на макроуровне) этапности, последовательности формирования и развития склоновых деформаций в увязке выделенных этапов с природными условиями и их изменениям (событиям как геологической истории, так и изменчивости современных инженерно-геологических обстановок в физическом времени);*

- *морфогенетический анализ, базирующийся на структурном методе, основанном на выявлении устойчивых связей в составе объекта, обеспечивающего формирование его отличительных черт и основных характеристик, заключающегося в учете и истолковании морфологических, структурно-текстурных и вещественных характеристик/признаков процесса смещения горных пород на склонах под действием силы тяжести с образованием оползневых тел.*

Детализируя методические приемы, следует отметить следующее.

Установление причинно-следственных связей при реализации функционального подхода - необходимый компонент в рамках историко-генетического (естественно-исторического) общенаучного метода исследования в геологии. При этом, действия природных сил, которые в результате привели к описываемому событию - образованию геологического объекта - оползня, может быть проанализировано с использованием принципа актуализма. Основной задачей при этом является выявление ведущего фактора - одного или, возможно, сочетание нескольких, воздействие которого/которых ответственно за наблюдаемые изменения, т.е. выявление необходимых условий для развития рассматриваемых изменений в будущем.

При оценке причинно-следственных связей в составе регионального анализа может быть использован набор классических приемов региональной инженерной геологии, включая совместные анализ и оценку, детальное рассмотрение (1) тектонических и неотектонических условий, а также сейсмической активности, (2) структурных, геологических (комплексы и типы горных пород и их свойства), геоморфологических и гидрогеологических особенностей территории, (3) учет истории геологического развития территории; (4) оценку пространственных и временных изменений термо- и влагообеспеченности территории; (5) выявление и объяснение многогранной цикличности природных условий, а для территорий с интенсивным хозяйственным освоением – (6) особенностей антропогенного влияния.

Исходя из особенностей и динамики действия факторов, формирующих конфигурацию инженерно-геологических условий, приводящую к потере современной устойчивости склонов, к образованию и развитию оползней, они (факторы) следует группировать, выделяя [93, 106, 107, 118]:

- "факторы среды";
- медленно изменяющиеся факторы;
- быстро изменяющихся факторы;
- триггерные факторы.

"Факторы среды" (комплекс компонентов геологической среды, изменяющихся в геологическом времени (по Г.К. Бондарьку), т.е. с точки зрения человека практически неизменных), среди которых можно назвать геологические, структурно-тектонические и геоморфологические условия, определяют районы и участки потенциального проявления и общие закономерности пространственного распределения современных оползневых процессов. Очевидно, что "факторы среды" относятся к категории региональных геологических факторов (по В.Т. Трофимову). Неотектонические движения, "вековые" и многолетние вариации климатических условий, изменяющиеся достаточно медленно, но все-таки фиксируемые в результате длительных наблюдений, обуславливают наблюдаемые на современном этапе тенденции в развитии современных оползневых процессов. Указанные медленно изменяющиеся факторы, также как и "факторы среды", являются одной из групп факторов формирования инженерно-геологических условий. Медленно изменяющиеся факторы развития оползневых процессов носят переходный характер, сочетая в себе как региональную, так зональную составляющую. По-видимому, более правильным будет определение медленно изменяющихся факторов как факторов зонально-провинциальных. Например, современная тектоническая активность, выраженная в т.ч. в виде сейсмичности и вулканизма, носит явно выраженный провинциальный характер, локализуясь на отдельных, пусть и обширных территориях (провинциях), группирующихся в пояса, имеющие региональное распространение. При этом, "вековые" вариации климатических параметров, в свою очередь, подчиняются законам географической зональности.

Анализ "факторов среды", медленно изменяющихся природных факторов следует рассматривать как основу изучения региональных закономерностей развития современных оползневых процессов.

Текущая активность и масштабность развития современных оползневых процессов определяется природными факторами, для которых характерен годовой цикл, подчиняющийся, в свою очередь, многолетним вариациям и ритмичности, обусловленных, в т.ч. циклами солнечной активности. К таким быстро изменяющимся факторам относят особенности годового

климатического ритма, влияющие, в свою очередь, на условия обводнения массивов горных пород и температурный режим грунтов. Как правило, быстро изменяющиеся природные факторы характеризуются полициклическостью и имеют зональное распределение (зонально-геологические факторы (по В.Т. Трофимову)). К быстроизменяющимся факторам также следует относить антропогенную деятельность, оказывающую существенное влияние на развитие современных оползневых процессов и требующую специального рассмотрения.

Триггерные факторы обуславливают непосредственное развитие и/или активизацию оползневых процессов.

Факторы, которые влияют, контролируют развитие оползневых процессов, не находятся в иерархическом соподчинении, влияя с элементарного уровня до глобального уровня (снизу вверх) или наоборот, а скорее действуют в диапазоне временных и пространственных масштабов, как более широких, так и более детализированных, воздействующих как по отдельности, так и в совокупности. Как следствие, развитие/активизация оползневых процессов редко адекватно может быть объяснено на основе простых причинно-следственных связей с одним доминирующим контролирующим фактором. Факторы, обуславливающие развитие/активизацию оползневых процессов, могут действовать не только последовательно или циклично, но и влиять на устойчивость склонов одновременно или синхронно, когда их воздействие накладывается (см. табл. 3.3). В связи с этим, оползневые процессы необходимо рассматривать как функцию комбинированного, взаимодействующего воздействия на геологическую среду факторов, которые меняются как с течением времени, так и могут зависеть от местоположения того или иного участка.

Таким образом, можно говорить о том, что формирование и развитие современных природных оползневых и других склоновых процессов происходит под воздействием сочетания комплекса природных факторов - "факторов среды", медленно изменяющихся, быстро изменяющихся и триггерных [93, 106, 107, 118]. Вместе с тем, учитывая интенсивность и масштабность техногенного воздействия на окружающую природную среду, более обоснованно рассматриваемые факторы на современном этапе следует определять не как природные, а как техногенно-природные или природно-техногенные (по крайней мере, на интенсивно освоенных территориях).

Вся совокупность факторов может быть разделена на две группы:

- факторы универсальные, общие, действующие закономерно независимо от местоположения рассматриваемой территории;
- факторы "случайные", ситуационно действующие в результате естественно-исторического развития конкретной территории, иными словами частные/локальные.

Анализ воздействия первой группы факторов применим для оценки закономерностей

развития оползневых процессов в любом по обширности регионе, в то время как анализ влияния второй группы факторов, действующих более локально, может быть целесообразен только для конкретного региона, характеризующегося собственной геологической историей и стадией геологического развития, т.е. с учетом уникальности сочетания условий того или иного участка. В последнем случае, необходимо учитывать, с одной стороны, специфические особенности формирования инженерно-геологических условий территории, а с другой стороны, унаследованные характеристики и унаследованные последствия развития инженерно-геологических обстановок. При оценке оползневой опасности действие факторов второй группы - местоположение той или иной территории, история ее геологического развития - выступает граничными условиями при учете влияния факторов первой группы.

Очевидно, что факторы второй группы определяют региональные особенности проявления оползневых процессов. Факт существования региональных типов оползней (отличающихся сходством внутренним черт/особенностями строения) установлен был достаточно давно, однако, до настоящего времени не получил должного теоретического объяснения и методического обоснования при решении практических задач.

Примеры ранее выполненного рассмотрения региональных особенностей проявления оползневых процессов можно найти в работах А.М. Дранникова, С.С. Буцько, К.С. Оводова и других. А.М. Дранниковым было выделено (на примере территории Украины) 10 региональных типов оползней, характеризующихся особенностями механизма смещения, специфическими геологическим условиям и морфологическим особенностям [79]. С.С. Буцько, проведя анализ особенностей развития оползневых процессов на территории СССР, выделил восемь региональных типов оползней [34]. К.С. Оводов обосновал региональное классифицирование типов оползней, развитых на территории Воронежской и смежных областей [224].

3.4.2. Особенности оползней как геологических явлений, имеющих естественно-историческую природу

Обоснованное автором в рамках диссертационного исследования представление об «оползне» (как объекте изучения) как имеющем естественно-историческую геологическую природу, подготовка к смещению которого происходит в геологическом времени, достаточно хорошо согласуется с предложенным В.Т. Трофимовым в 1999 г. общим законом инженерной геологии, сформулированным следующим образом ([306, с. 104-105] и [307, с. 26]):

"инженерно-геологические особенности любого объекта верхних горизонтов литосферы и их изменение определяются историей его геологического развития, современным пространственным (координатным) положением, контролирующим тектонический режим и

климатические условия, а на освоенных территориях – и характером техногенного воздействия".

Особенность объектов естественно-исторической геологической природы проявляется в их разнообразии, что является результатом их образования и эволюции (в геологической истории) при вероятностном сочетании действующих факторов, формирующих уникальные условия. Морфогенетическое разнообразие оползней проявляется в разнообразии обстановок их образования как следствия ситуационного сочетания различных условий формирования, генезиса. Эти различия заключаются в различных механизмах и режимах смещения, в разнообразных формах проявления и распространения, в различных масштабах их проявления. Выполненный автором в ходе диссертационного исследования анализ позволяет выделить следующие особенности оползней как геологических явлений, имеющих естественно-историческую природу:

1. Необратимость, неповторимость и направленность развития оползневых процессов.

Оползни не возникают полностью сформированными и не остаются неизменными до момента их трансформации/преобразования в другие геологические объекты. Иными словами оползни представляют собой «объекты, протяженные, вытянутые во времени». Следствием этого является то, что оползни следует рассматривать в их развитии (формирование, собственно развитие и отмирание – превращения в статическую систему), т.е. с применением историко-генетического метода для понимания хода геологического процесса. Особенностью этого методического приема является систематизация данных в форме периодизации – условном делении хода процесса (в эволюции его развития) на определенные временные отрезки. В оползневедении могут быть выделены следующие периоды развития оползня (на шкале геологического времени):

1. Дооползневой период - время формирования массива, включающее накопление и последующие преобразования горных пород (литификация/метаморфизация) и тектонические трансформации территории.

2. Предоползневой период – время формирования (подготовки) условий к смещению массива под действием силы тяжести, включающий образование склона и собственно подготовку его (склонового массива) к смещению под влиянием внешних факторов.

3. Оползневой период – временной отрезок собственно развития смещений, который может включать в себя несколько фаз/стадий протекания склоновых деформаций:

- закола (нарушения сплошности массива под действием гравитационных сил),
- основных смещений,
- временной стабилизации,

- повторных смещений, в т.ч. вторичного характера,
- длительной общей стабилизации с возможными локальными деформациями.

4. Постоползневой период – время развития сформировавшегося «оползня-как-геологического тела», с постепенным преобразованием (сглаживанием) его морфологии, перекрытием более молодыми отложениями с превращением в захороненную, «реликтовую» форму проявления склоновых деформаций с последующей трансформацией в геологический объект, определяемый как «седиментационный меланж».

Критерием выделения этапов является рассмотрение действующих в массиве горных пород сил и их соотношения:

$$(1) F_{уд} \nearrow \gg F_{сд} \approx 0$$

$$(2) F_{уд} \updownarrow > F_{сд} \nearrow$$

$$(3) F_{уд} \searrow < F_{сд} \nearrow$$

$$(4) F_{уд} \nearrow > F_{сд} \approx 0$$

где $F_{уд}$ - "удерживающие" силы, $F_{сд}$ - "сдвигающие" силы

\nearrow - возрастание, \updownarrow - разнонаправленное развитие, \searrow - снижение

Оползневой период, в течение которого происходит развитие собственно склоновых деформаций, смещений («оползень-как-процесс») может быть как одноактным, так и быть многофазным, неоднократным. Деформациями может быть затронут весь оползневой массив или они могут носить локальный, вторичный характер. В результате оползневых деформаций формируется новый геологический объект – «оползень-как-геологическое тело». Как правило, развитие большинства оползней протекает в физическом времени. Вместе с тем, для «древних» оползней, первоначально развивавшихся в иных инженерно-геологических условиях, отличающихся от современных, возможна ре-активизация деформаций с возобновлением смещений ранее перемещенного материала. В этом случае их развитие происходит в геологическом времени.

При изучении оползней и других проявлений склоновых процессов важным элементом исследований является определение того, сколько изменений может произойти, прежде чем мы получим новый геологический объект, а не просто модификацию старого.

2. Уникальность оползней как геологических объектов.

Характеристики оползней, как любых геологических объектов с относительно четкими пространственно-временными границами, неповторимы в пространстве и во времени. Для каждого из оползней типичен специфический набор характеристик, предопределяющих их индивидуальную сущность и предопределяющих уникальность каждого из проявлений склоновых процессов.

3. Многомерность оползней как геологических объектов.

Любая реконструкция прошлых событий из геологической летописи является чрезвычайно трудной, потому что многие события и явления настолько сложны, что в их развитии реализуются бесконечное число начальных условий и закономерностей развития. Эта проблема получила название "эквивинальности", под которой понимается динамическое свойство системы, осуществляющей движение (переход) различными путями из различных начальных состояний (для оползневых процессов – ненарушенный склоновый массив грунтов) в одно и то же финальное состояние (для оползневых процессов – стабилизировавшийся оползень как конечная фаза гравитационных склоновых деформаций). Для оползневых процессов эта особенность заключается в их многомерности, включающей:

- пространственную разномасштабность – оползни (как проявления деформаций склонов) могут характеризоваться как незначительными объемами (от нескольких сот до первых тысяч м³), так и быть грандиозными с объемами от первых км³ до сотен км³;
- временную разномасштабность – развитие оползневых процессов может происходить как очень быстро (со скоростями смещения до десятком метров в секунду), так и очень длительно (со скоростями смещения в первые мм в год).

4. Многовариантность оползней как геологических объектов.

Оползни как геологические объекты могут быть статическими (завершившими свое развитие или приостановившимися), динамическими (поступательно или периодически развивающимися), ретроспективными (развитие которых происходило в иные геологические эпохи с иными геологическими и природными условиями) и гипотетическими (прогнозируемыми). В зависимости от особенностей геологического строения склона, состояния грунтов, формирующего массив, механизм развивающихся склоновых деформаций может быть разнообразным – скольжение, сдвиг, течение и другие, а также их разнообразные сочетания.

5. Неоднозначность наблюдаемых характеристик оползней.

Для оползней как геологических явлений характерны:

- а) дивергентность – наличие морфологически различных признаков у разных оползневых тел, сформированных в результате действия одного фактора (причины);
- б) конвергентность - наличие морфологически сходных признаков у разных оползневых тел, сформированных в результате действия различных факторов (различными путями);
- в) множественность - наличие определенного морфологического признака у разных оползневых тел, сформировавшегося в результате сочетания действия различных факторов (различных причин).

Особо следует отметить необходимость использования в рамках геодинамического

подхода достижений смежных наук (междисциплинарность) при оценке и анализе внешних факторов, воздействующих на геологическую среду.

3.5. Выводы по главе 3.

Рассмотрение особенностей оползневых процессов, их проявлений как объектов изучения, проведенное в главе 3, позволяет следующим образом представить основные научные и практические результаты исследования:

1. Проведенный анализ взглядов на содержание, понимание терминов "оползень", "оползневой процесс" показал, что в настоящее время может быть выделено несколько подходов, в рамках каждого из которых рассмотренные термины трактуются по-разному. Термин «оползень» является сложным, многоаспектным, отличается полисемантичностью, обнаруживает множество смыслов, вкладываемых специалистами - представителями разных научных школ. Это обусловлено тем, что определение предмета исследований, имеет множественную реализацию, зависящую от выбора признаков, принимаемых за основные при идеализации объекта в рамках тех или иных направлений научных исследований.

2. В настоящее время в науках о Земле можно выделить нескольких концептуальных подходов в рассмотрении оползней как природных (природно-техногенных) явлений, которые могут быть, с определенной степенью условности, определены как геологический, геодинамический, геомеханический, геоморфологический и ландшафтный подходы.

3. Вычленение части геологической среды в качестве объекта для изучения развития оползневых процессов может осуществляться как по "естественным" границам существующих оползней, так и на основании выделения геологических тел, в пределах которого склоновые деформации возможны (оцениваются, прогнозируются).

4. Проведенный анализ (в главе 3) позволяет сделать важный вывод о том, что в теоретическом плане "оползень" следует понимать как геологическое тело, имеющее естественно-историческую природу, а собственно оползневые смещения ("оползень-как-процесс") - как результат длительного геологического развития территории.

5. Результаты проведенного анализа показали, что для решения задач прогнозирования развития оползней одно из базовых утверждений широко применяемого в геологии метода актуализма, как части сравнительно-исторического метода, - "настоящее является ключом к прошлому", не может выступать в качестве теоретической предпосылки исследований, т.к. не позволяет решать задачи, в которых рассматривается будущее состояние геологической среды. Для преодоления теоретической проблемы в решении задач прогнозирования развития оползней предложено руководствоваться расширенным утверждением, основанным на

принципе непрерывности Г.В. Лейбница, - "прошлое и настоящее - ключи к будущему", сформулированное Д.Д. Варнсом.

6. В развитии современных оползневых процессов значимой является роль геологической истории, предопределяющей особенности склоновых деформаций. Анализ геологической истории должен включать в себя не только период действия факторов, способствующих потере устойчивости склоном, но время формирования условий, обеспечивающих устойчивость склона.

7. Участки длительного (полихронного) развития оползневых процессов следует определять как оползневые участки типа "палимпсест".

8. Результаты проведенного анализа свидетельствуют, что научный метод (общетеоретический базис) оползневедения, как одного из специально-научных направлений инженерной геодинамики, характеризуется собственной спецификой, заключающейся в использовании мультиметодологического подхода, основа которого формируется набором фундаментальных утверждений, свою очередь, реализующих общенаучные принципы (принцип историзма, принцип познаваемости, принцип однообразия).

9. Проведенный выше (в главе 3) анализ показывает, что конкретная конфигурация инженерно-геологических условий, приводящая к потере современной устойчивости склонов, к образованию и развитию оползней, формируется под действием факторов, которые могут быть рассмотрены в рамках регионального анализа. Вся совокупность факторов может быть разделена на две группы:

- факторы универсальные, общие, действующие закономерно независимо от местоположения рассматриваемой территории;
- факторы "случайные", ситуационно действующие в результате естественно-исторического развития конкретной территории, иными словами частные/локальные.

10. Как отмечено в главе 3, отличительными особенностями оползней как геологических явлений, имеющих естественно-историческую природу, являются:

- необратимость, неповторимость и направленность развития;
- уникальность оползней как геологических объектов;
- многомерность оползней как геологических объектов;
- многовариантность оползней как геологических объектов;
- неоднозначность наблюдаемых характеристик.

Указанные особенности оползней требуют учета при изучении закономерностей их развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ЧАСТИ I.

По материалам, изложенным в части I, можно сделать следующие уточняющие (в рамках инженерной геодинамики в целом, и в оползневедении, в частности) обобщения:

1. Термин «оползень» является сложным, многоаспектным, полисемантическим, включающим такие трактовки: оползень-как-"геологическое тело", оползень-как-"геологический процесс", оползень-как-"форма рельефа", оползень-как-"элемент массива грунтов", оползень-как-"ландшафт". На смысловое содержание (семантику) термина "оползень", при его научном использовании, влияет выбор изучаемых, анализируемых признаков и параметров рассматриваемого природного (природно-техногенного) феномена. В зависимости от исследуемых аспектов различаются геологический, геодинамический, геомеханический, геоморфологический и ландшафтный подходы в изучении оползней.

2. Признаком отнесения смещения массивов грунтов под действием гравитационных сил именно к оползневым процессам является то, что такое перемещение, в отличие от других геологических процессов склонового ряда, происходит без действительного участия внешних агентов (воды, воздуха, льда и т.д.).

Также, исходя из материалов, представленных в части I, необходимо подчеркнуть:

1. Оползневой процесс, в результате которого формируется оползневое тело, рассматриваемый как геологический феномен естественно-исторической природы, включает следующие этапы:

- дооползневой (период формирования "удерживающих" сил, "сдвигающие" силы, действующие в результате гравитации, практически отсутствуют);
- предоползневой (период формирования "сдвигающих" сил, действующих в результате гравитации);
- развития деформаций (период, в течение которого величины "сдвигающих" сил превышают величины "удерживающих" сил);
- постоползневой (формирование условий отсутствия действия "сдвигающих" сил).

2. При наблюдении проявлений оползневых процессов выделяются участки современного развития склоновых деформаций и участки разновременного повторного развития оползневых процессов. Участки разновременного повторного формирования оползневых процессов характеризуются последовательным развитием геологических событий, при которых геологические "следы" более ранних проявлений могут уничтожаться (полностью или частично), перерабатываться или перекрываться. Участки разновременного повторного формирования оползневых процессов предложено выделять как участки типа "палимпсест".

Такого рода повторное развитие оползневых процессов следует трактовать как *"re-*

активизацию" процесса, под которой следует понимать не возобновление смещений оползня (или вторичные деформации в его пределах) после временной стабилизации, т.е. возобновление развития оползневых процессов в тех же инженерно-геологических условиях (*"активизация"*), а последующее развитие оползневых процессов после длительного геологического перерыва (аналогичного перерыву в осадконакоплении), вновь начинающееся с новообразования оползневого тела в иных, существенно изменившихся инженерно-геологических условиях.

Исходя из результатов диссертационного исследования, изложенных в части I, могут быть сформулированы следующие защищаемые положения:

1. Изучение особенностей образования и смещения оползней должно основываться на естественно-историческом подходе с анализом всей геологической истории развития территории с выделением как фазы образования и трансформации массивов горных пород и фазы расчленения их поверхности, сопровождающейся формированием склонов, так и фазы собственно развития деформаций, при которой формируется оползневое тело, и фазы постоползневого развития.

2. Территории наблюдаемого проявления оползневых процессов подразделяются на участки современного развития склоновых деформаций и участки разновременного повторного развития оползневых процессов (участки типа "палимпсест").

ЧАСТЬ II. ЛОКАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ¹

¹ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором лично (или в соавторстве), в которых отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России/под ред. В.Т.Трофимова и Э.В.Калинина. – М.: КДУ, 2013 – 816 с.:

Глава 32. Закономерности распределение современных природных геологических процессов (с. 674-696). Объем авторского вклада при подготовке главы 32 монографии – 100%.

Глава 33. Закономерности распределение современных антропогенных геологических процессов (с. 696-713) Объем авторского вклада при подготовке главы 33 монографии – 100%.

Глава 34. Инженерно-геодинамическое районирования территории России (с. 714-723). Объем авторского вклада при подготовке главы 34 монографии – 100%.

2. Zerkal, O.V. Overview of landslides distribution in Russian Federation and variation of their activity due to climatic change (глава 8)/O.V. Zerkal, A.L. Strom//Slope Safety Preparedness for Impact of Climatic Change/H. Ken et al. (eds.). - London: CRC Press/Balkema, 2017. - pp. 253-288. Объем авторского вклада при подготовке главы 8 монографии – 50%.

ГЛАВА 4. ГЛОБАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

В ходе диссертационного исследования автором был проведен сбор, анализ и обобщение данных о наиболее крупномасштабных проявлениях оползневых процессов (оползни, оползни-обвалы, каменные лавины, для подводных условий – обломочно-грунтовые лавины) на Земле. Для оценки и анализа были собраны опубликованные сведения о крупнейших ($>1,5 \text{ км}^3$, для современных (за последние 500 лет) - $>0,8 \text{ км}^3$) проявлениях оползневых процессов. В собранный набор данных вошли сведения о 456 проявлениях оползневых процессов (Приложение 2). Пространственное распределение наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов по территории Земного шара, а также распределение областей массового развития оползней при землетрясениях, произошедших преимущественно в период с 60^x г.г. XX в. по настоящее время (Приложение 3), показано на рисунке 4.1.

В ходе анализа был выявлена необходимость выделения в отдельные группы (в составе общей выборки) данных о наиболее крупномасштабных проявлениях оползневых процессов, развивавшихся в континентальных условиях в горных регионах и областях вулканической активности, а также подводных оползней. Дополнительно, в отдельную группу, в которую вошли преимущественно проявления оползневых процессов на вулканических островах, были выделены оползни прибрежной зоны, сформировавшиеся в переходных условиях, - головная часть оползня располагалась на суше, в субаэральных условиях, а языковая (дистальная) часть смещалась в подводных (субаквальных) условиях. При этом, выявленные в субаквальных условиях проявления оползневых процессов характеризуются более значительной масштабностью и грандиозностью.

4.1. Крупнейшие современные проявления оползневых процессов

К современным крупнейшим ($>0,8 \text{ км}^3$) проявлениям оползневых процессов были отнесены 32 оползня, произошедшие, развивающиеся за последние ~500 лет (табл. 4.1 и 4.2, рис. 4.2). Смещение большинства (21) из описываемых оползней произошло за последние 180 лет (середина XIX в. - начало XXI в.). Крупнейшими активными (фиксируется инструментально) оползнями являются оползень "Хилина" (11000 км^3) и "Кротон" (2000 км^3). Среди крупнейших современных проявлений оползневых процессов 10 оползней (Сакишима ($>10000 \text{ км}^3$), Сен-Пьер (560 км^3), Тохоку скольжения (до 500 км^3), Югэймак (до 200 км^3),

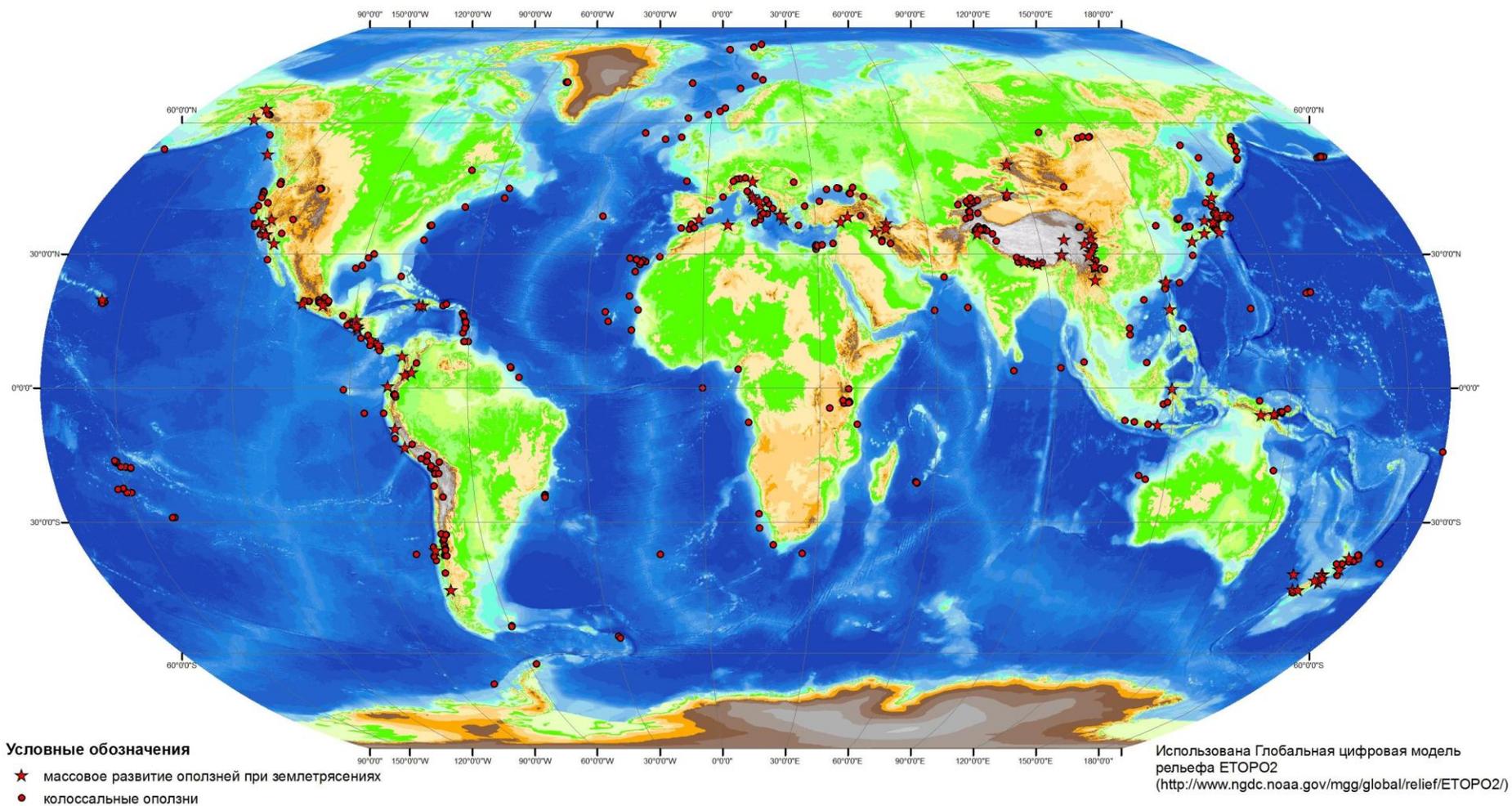


Рис. 4.1. Пространственное распределение наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов и областей массового развития оползней при землетрясениях на территории Земли (сост. О.В.Зеркалем).

Крупнейшие проявления оползневых процессов за последние ~500 лет
(оползни, оползни-обвалы, каменные лавины)

Наименование	Дата	Местоположение	Объем, км ³	Источник
Сакишима	1771	Впадина Рюкю, южнее о. Сакигима	~12000	[705]
Сен-Пьер	18.11.1929	континентальный склон Ньюфаундленда	560	[724, 774]
Тохоку, скольжения	11.03.2011	Западный склон Японской впадины	500	[590, 818]
Югэймак	01.04.1946	континентальный склон о. Юнимак (США)	более 200	[503]
Саленто	1743	Адриатическое море	58	[674]
Макран	27.11.1945	Аравийское море	40	[552]
Тохоку	11.03.2011	западный склон Японской впадины	~12	[806]
Мона Пэсседж	11.10.1918	пролив Мона между о. Пуэрто-Рико и о. Эспаньол	10	[638]
PGN	17.07.1998	Новогвинейское море (море Бисмарка)	6,4	[812, 817]
Риттер ^{*)}	13.03.1888	о. Риттер, Новогвинейское море	4,6	[458, 865 ^{**)}]
Тайю ^{*)}	после 1849	о. Тайю, Американское Самоа	3,0 (?)	[878]
Сен-Хеленс	18.05.1980	США	2,8	[855]
Ошима-Ошима ^{*)}	1741	Япония	2,5	[762]

*) Зона отрыва находится на суше, а языковая часть – ниже уровня моря.

**) Работы, в которых проведены расчет объемов проявлений склоновых процессов. В остальных работах приводятся только объемы.

***) Первоначально рассматривался как результат направленного взрыва при эксплозивном извержении [526]. При дальнейших исследованиях было показано, что произошло формирование обломочной (каменной) лавины [382, 730].

продолжение таблицы 4.1.

Наименование	Дата	Местоположение	Объем, км ³	Источник
Усойский	18.02.1911	Памир, Таджикистан	2,0-2,2	[256, 809]
Шивелуч молодой ^{***)}	12.11.1964	Камчатка, Россия	1,5-2,0	[382, 526, 730]
Эль Кратер	1570	Никарагуа, влк Момбачо	1,88	[787]
Мэянмарка	25.04.1974	Перу	1,6	[623]
Бандай	15.07.1888	Япония	1,5	[795, 838]
Кэапит	06.09.1988	Папуа Новая Гвинея	1,3	[474]
Ирига	1628	Филиппины, влк. Ирига	1,2-1,5	[614, 795]
Дагуанбао	12.05.2008	Китай	1,2	[446, 455 ^{**}]
Чикаб	1640	Япония, вкл. Комагатаке	0,92-1,2	[504, 893]
Асе	26.12.2004	Индийский океан западнее о. Суматра	~1,2	[777]
Суваноседзима ^{*)}	1813	Япония	1,09	[797]
Ред Блаффс	1700	США	1,0	[573, 831]
Фернандина	14.09.1988	Галапагоские о-ва, Эквадор	0,9	[411]
Неён	28.08.2017	Китай	0,9	[641]
Атчинский	1972	Узбекистан	0,8	[116, 216]
Безымянный	30.03.1956	Камчатка, Россия	0,8	[404, 731]

таблица 4.2.

Крупнейшие активные (по данным инструментального мониторинга) проявления оползневых процессов

Наименование	Местоположение	Объем, км ³	Скорость смещения	Источник
Хилина (Hilina) ^{*)}	влк. Килауэа, Гавайские острова, США	11000	средняя скорость 6 см/год	[680, 803]
Кротон (Crotone) ^{*)}	Ионическое побережье Калабрии, Италия	2200	5 мм/год	[676, 897]
Бадарминский	Усть-Илимское вдхр., Россия	20	0,4-0,7 мм/год (объем активизировавшейся части оползня – 2,8 км ³)	[225, 301]

^{*)} Зона отрыва находится на суше, языковая часть – ниже уровня моря

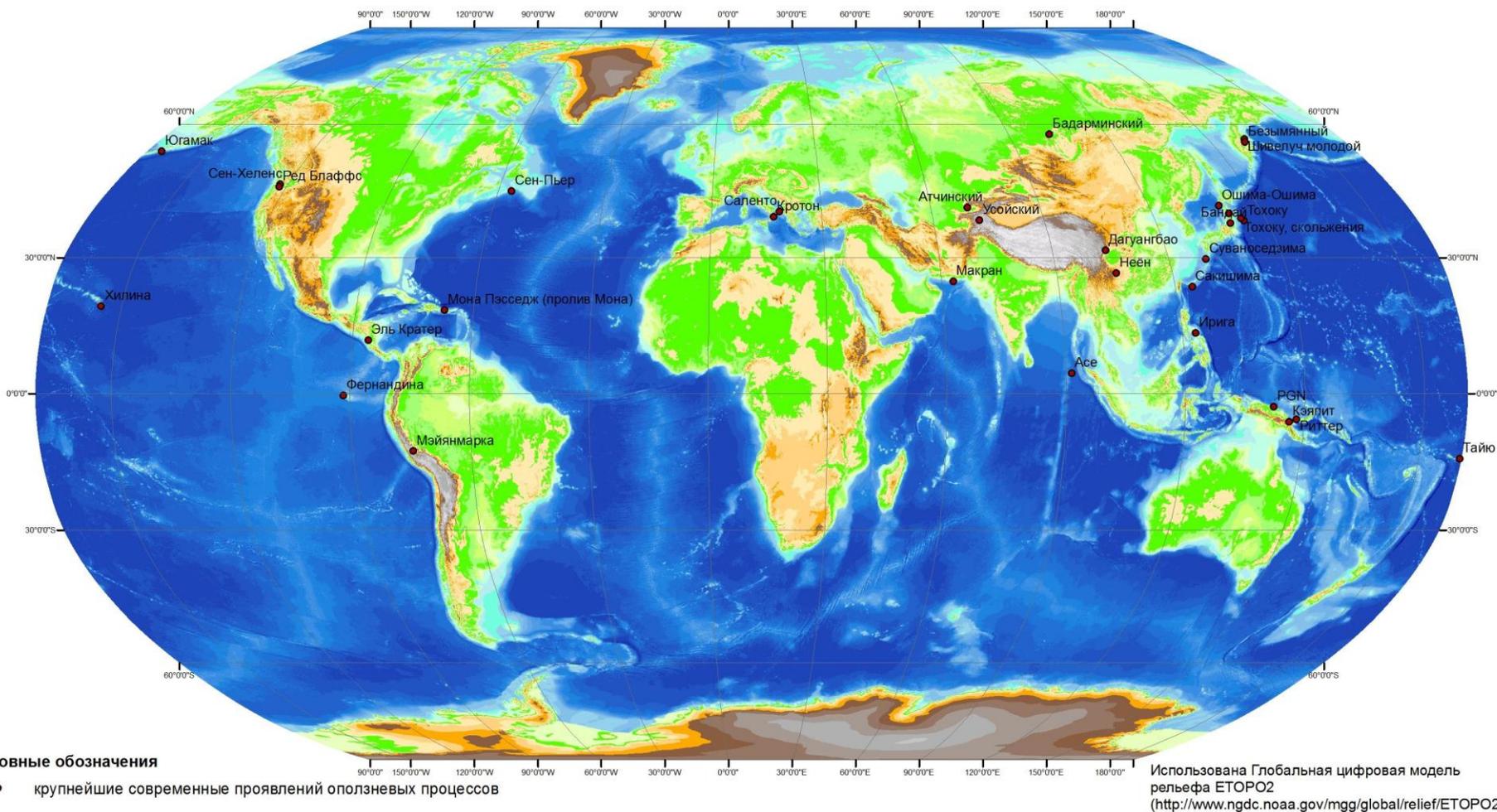


Рис. 4.2. Пространственное распределение современных (за последние 500 лет) крупнейших (>0,8 км³) проявлений оползневых процессов на Земном шаре (сост. О.В.Зеркалем).

Саленто (58 км³), Мэкрэн (40 км³) и др.) образовались при землетрясениях в подводных (субаквальных) условиях, 7 оползней сформировались в прибрежной зоне (в переходных условиях¹), в т.ч. 6 - на вулканических постройках, смещение 15 оползней произошло на суше, в субаэральных условиях, из которых 6 оползней образовались на вулканических постройках, 6 оползней имели сейсмогенную природу, один оползень был техногенно активизирован, 2 оползней сформировались в асейсмических условиях, образование 1 оползней было связано с техногенной деятельностью. Наибольшее количество современных крупнейших проявлений оползневых процессов (12) связано с вулканической деятельностью, в т.ч. их образование происходило в условиях «сейсмического тремора» на стадии подготовки извержений. Формирование ещё 16 крупнейших оползней произошло в результате сейсмического воздействия. Таким образом, образование порядка >87% крупнейших оползней (28 из 32), произошедших за последние 500 лет, связано с воздействием эндогенных факторов, являвшихся триггером развития крупномасштабных гравитационных склоновых процессов.

Одним из крупнейших детально изученных современных проявлений оползневых процессов, по-видимому, является подводный сейсмогенный оползень, образовавшийся 18 ноября 1929 г. в эпицентральной зоне землетрясения "Большой Банки" (англ. - Grand Banks earthquake) с магнитудой 7,2, произошедшего на южном континентальном склоне Ньюфаундленда (рис. 4.2) [537, 576, 724, 774]. Смещение оползней сопровождалось образованием цунами, в результате которого погибло 28 человек и был нанесен серьезный ущерб береговой инфраструктуре на побережье Канады. Оползневые смещения явились причиной разрыва 12 подводных трансатлантических кабелей и стали первым подтверждением существования подводных деформаций склонов [551]. Проведенное Канадской геологической службой в 1984-2015 г.г. масштабное изучение эпицентральной зоны землетрясения "Большой Банки" (Grand Banks earthquake) показало, что произошло образование не единичного оползней, а развитие оползневых процессов имело множественный и сложный характер [774]. Непосредственно в результате землетрясения образовался сложный по своему строению, многоярусный оползень "Сен-Пьер" с общей глубиной захвата до 500 м, шириной от 15 км до 30 км, протяженностью по направлению смещения до 60 км. Стенка отрыва оползней имеет высоту до 100 м с углами до 17°. В верхней части оползневого массива был прослежен отсевший при оползании блок, испытавший вращательное движение. В нижней части оползневого тела образовался вал сжатия (выпирающая (?)). Суммарный объем подводного сейсмогенного оползней был оценен в ~560 км³ [774]. Смещение оползней "Сен-Пьер" спровоцировало формирование множества (более двадцати по [724]) регрессивных оползней,

¹ Зона отрыва находится на суше, а языковая часть – ниже уровня моря.

стенки отрыва которых высотой до 20-25 м располагаются на глубинах, начиная от 750 м, а языки этих оползней, трансформировавшихся в мутьевые потоки, выходят на глубины 2300 м.

Одним из факторов образования катастрофического цунами при землетрясении Тохоку-Оки (11.03.2011, $M_w=9,0$) рассматривается образование на западном склоне Японской впадины подводного блокового оползня скольжения объемом до 500 км^3 (рис. 4.2) [590, 818].

Другим крупнейшим современным проявлением оползневых процессов является подводный сейсмогенный оползень "Югэймак" (англ. - Ugamak), образовавшийся 01 апреля 1946 г. в эпицентральной зоне землетрясения с магнитудой 7,1, произошедшего в восточной части Алеутской вулканической дуги (рис. 4.2) [503]. Протяженность оползневого тела по направлению смещения оценивается в 65 км при ширине в 25 км. Землетрясение и, по-видимому, смещение оползня спровоцировало образованием сильного цунами (высотой до 42 м на южном побережье о. Юнаймак).

В последние годы получены данные о том, что возможной причиной образования катастрофического цунами при 10-балльном землетрясении 1743 г., произошедшем в акватории Адриатического моря вблизи побережья Апулии (юго-восточнее Саленто), является подводный оползень объемом до 58 км^3 , выявленный при морских геофизических работах (рис. 4.2) [674].

Также подводный оползень является возможной причиной образования катастрофического цунами на побережье Пакистана и Индии при землетрясении 22.11.1945 г. ($M_w=8,1$), эпицентр которого располагался в акватории Аравийского моря, тяготея к Макранской зоне субдукции. Протяженностью оползня составляет 15 км, а его объем оценивается в 40 км^3 (рис. 4.2) [552].

Крупный подводный оползень площадью $\sim 27,7 \text{ км}^2$ и объемом до 12 км^3 был выявлен восточнее эпицентральной зоны землетрясения Тохоку-Оки (11.03.2011, $M_w=9,0$) на западном склоне Японской впадины [806].

При землетрясении 11 октября 1918 г. ($M_L=7,5$), эпицентр которого располагался в проливе Мона (между о. Пуэрто-Рико и о. Эспаньол), были зафиксированы обрывы подводных телеграфных кабелей. Проведенные в последние десятилетия батиметрические исследования выявили в рассматриваемом районе крупный подводный оползень площадью $\sim 76 \text{ км}^2$ и объемом до 10 км^3 , который, по-видимому, произошел в 1918 г. в эпицентральной зоне землетрясения [638].

Менее крупный подводный оползень с объемом $6,4 \text{ км}^3$, сформировался 17.07.1998 г. в Новогвинейском море при землетрясении магнитудой $M_s=7,0$ (рис. 4.2) [812, 817]. Смещение оползня привело к образованию цунами, в результате которого на побережье Папуа-Новой Гвинеи погибло около 2,2 тыс. человек.

Крупнейшим из известных активных оползней является циклопический оползень

Хилина (Hilina) в южной части вулкана Килауэа (Гавайские острова, США) (рис. 4.2). Зона отрыва оползня Хилина располагается на суше в прибрежной зоне. При землетрясении 1975 г. с магнитудой 7,2 вертикальные смещения составили до 3,5 м, а горизонтальные (в сторону моря) – до 8 м [680]. Геодезическими измерениями фиксируются перемещения, продолжающиеся в сторону моря, со средней скоростью 6 см/год. Предполагается, что в смещения вовлечены современные вулканические образования мощностью несколько километров, перемещающиеся по зоне скольжения, приуроченной к их контакту с подстилающими меловыми образованиями океанической коры. Протяженность оползня по направлению смещения достигает 35 км при его ширине до 15 км [680]. Во фронтальной части оползня в результате сжатия и выпора сформировалось три дугообразных хребта с относительной высотой 500-700 м. Общий объем вовлеченных в деформации горных пород оценивается в 11 тыс. км³ [803].

Другим известным циклопическим активным, длительно развивающимся проявлением гравитационных склоновых процессов является оползень Кротон на ионическом побережье Калабрии (Италия) (рис. 4.2) [676, 897]. Зона отрыва оползня Кротон располагается в юго-восточной части горного массива Сила. Протяженность оползня по направлению смещения составляет более 55 км при ширине более 31 км. Мощность горных пород, вовлеченных в смещения (по данным бурения), достигает 2-2,5 км, а общий объем оползня оценивается в не менее чем 2200 км³. В смещения вовлечены неоген-четвертичные отложения (песчаники, конгломераты, глинистые сланцы), начиная с верхнего миоцена (мессинский ярус). Скорость современных деформаций (по данным GPS-измерений) составляет 5 мм/год [676]. Начало оползневых деформаций оценивается в 450 тыс. лет [897]. Следует отметить, что в г. Кротон, расположенного в пределах головной части оползневого массива, проживает 64 тыс. человек [897].

Крупнейшим действующим оползнем на территории России, по-видимому, является Бадарминский оползень, сформировавшийся в долине р. Ангары вблизи устья р. Илим (в настоящее время береговая зона Усть-Илимского водохранилища) и активизировавшийся при создании водохранилища (рис. 4.2) [225]. В смещения вовлечены траппы триасового возраста, смещающиеся по подстилающим их каменноугольным глинистым отложениям катской свиты, представляя, таким образом, типичный оползень ангарского типа [301]. В результате оползневых смещений, по видимому, произошло перекрытие долины р. Ангары на участке протяженностью 12 км, в результате прорыва которого образовалось узкое ущелье, врезанное на 150-200 м [301]. Общий объем оползня оценивается в ~20 км³, а объем активизировавшейся в результате техногенной деятельности части оползня – в 2,8 км³. Средняя скорость смещения активизировавшейся части оползня по инструментальным наблюдениям оценивается в 0,4-0,7 мм/год [225, 301].

4.2. Крупнейшие оползни на Земном шаре и закономерности их распространения

К крупнейшим¹ явлениям оползневых процессов были отнесены 456 оползней различных типов (Приложение 2). Исходя из протяженности оползневых тел, углов "пути смещения", большинство крупнейших проявлений гравитационных склоновых процессов относится либо к каменным лавинам, образовавшимся в субаэральных условиях или в переходных условиях прибрежной зоны, либо к обломочно-грунтовым лавинам, сформировавшимся в субаквальных условиях. Обоснованность выделения в составе общей выборки в отдельные группы проявлений оползневых процессов, развивавшихся в континентальных условиях в горных регионах и областях вулканической активности, а также подводных оползней подтверждается выявленными различиями в характере перемещения – различиями в величинах углов "пути смещения" (рис. 4.3).

В составе проанализированной выборки крупнейших проявлений оползневых процессов >33,5% оползней образовались в подводных (субаквальных) условиях, смещение >27% оползней произошло в горных регионах в субаэральных условиях, >39% оползней сформировались на вулканических постройках, в т.ч. несколько менее половины из них образовалась в прибрежной зоне (в переходных условиях) - ~17,5% от общего количества. Большинство специалистов, изучавших крупнейшие оползни в горных регионах, предполагают их сейсмогенный генезис.

Анализ распределения крупнейших проявлений оползневых процессов по объемам, вовлеченных в смещения горных пород, показал достаточно закономерное снижение частоты оползней с увеличением их объема (рис. 4.4). Оценка зависимости распределения крупнейших проявлений оползневых процессов от их объема (при анализе с учетом условий их образования) выявила, что, в целом, распределение оползней в зависимости от объема вовлеченных в смещения горных пород, наилучшим способом может быть описано с использованием логарифмической функции (табл. 4.3).

Более детальное рассмотрение кумулятивного графика распределения крупнейших проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, позволяет предположить, что в составе рассмотренного набора данных имеет место наложение нескольких выборок распределения крупнейших проявлений оползневых процессов по объемам (рис. 4.5), что наиболее ярко видно при использовании логарифмической шкалы по оси абсцисс (рис. 4.5б). Первую группу составляют оползни с объемами от 1,5 км³ до 50-60 км³, вторая группа включает оползни с объемами до 7000-8000 км³, а третья группа – с объемами свыше

¹ К крупнейшим проявлениям оползневых процессов при настоящем анализе отнесены оползни объемами свыше 1,5 км³ в субаэральных и переходных условиях и более 5 км³ в субаквальных условиях.

8000 км³.

Таблица 4.3.

Оценка распределения крупнейших проявлений оползневых процессов по их объемам, полученные с использованием различных методов аппроксимации для совокупного набора данных (с учетом условий оползнеобразования) (сост. О.В.Зеркалем)

Метод аппроксимации	субаэральные		подводные	
	Функция	Достоверность аппроксимации (R ²)	Функция	Достоверность аппроксимации (R ²)
линейный	$y = -2,835x + 135,2$	0,534	$y = -0,002x + 75,57$	0,197
степенной	$y = 383,1x^{-0,91}$	0,898	$y = 364,4x^{-0,38}$	0,575
экспоненциальный	$y = 151,7e^{-0,06x}$	0,938	$y = 63,03e^{-8E-0x}$	0,904
логарифмический	$y = -56,0\ln(x) + 205,9$	0,950	$y = -16,8\ln(x) + 158,1$	0,960

x – объем оползня в км³.

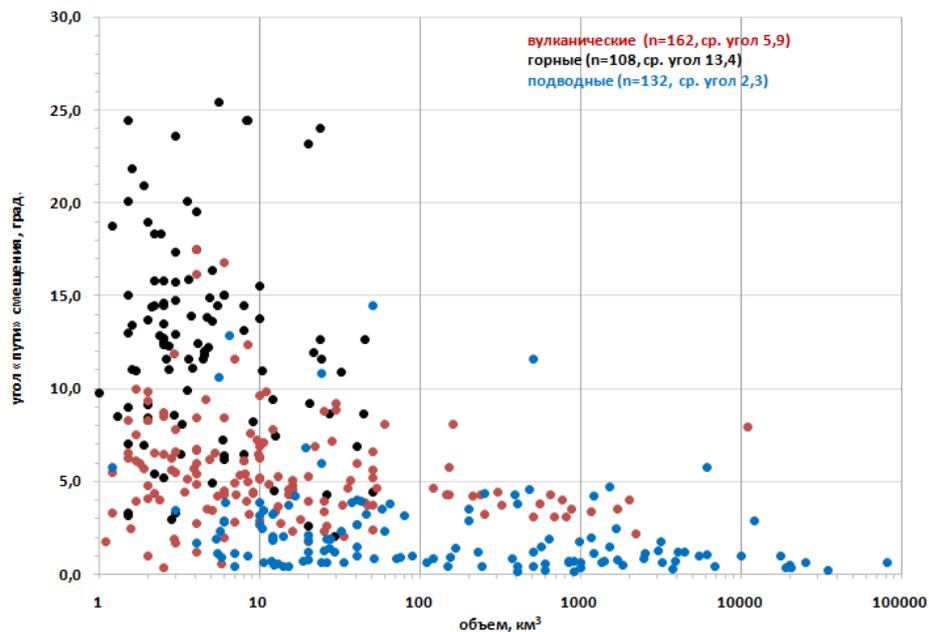


Рис. 4.3. Распределение величин угла «пути смещения» в зависимости от площади для крупнейших проявлений оползневых процессов, образовавшихся в различных условиях (сост. О.В. Зеркалем).

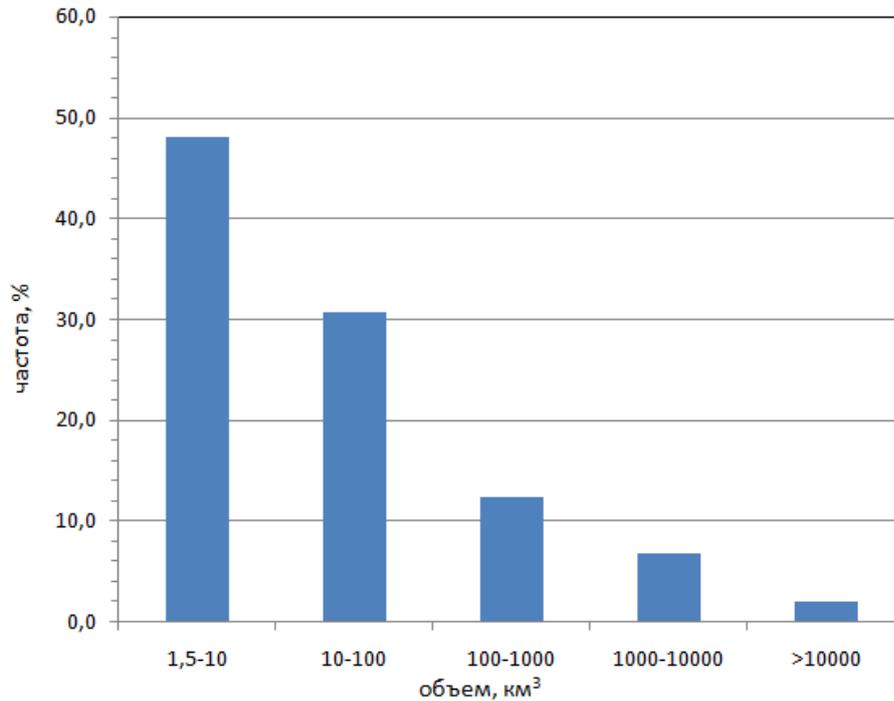


Рис. 4.4. Распределение крупнейших проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения (сост. О.В.Зеркалем).

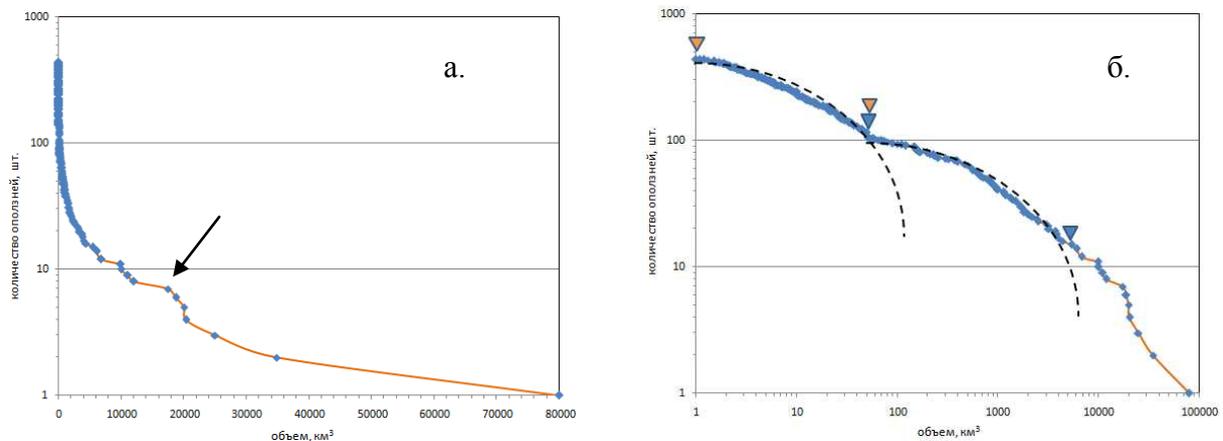


Рис. 4.5. Наложения нескольких выборок распределения крупнейших проявлений оползневых процессов в зависимости от их объема с аппроксимацией с использованием логарифмической функции (сост. О.В.Зеркалем).

Анализ условий развития оползней, составляющих различные группы, показал, что первую группу преимущественно (до 70%) составляют оползни (в составе анализируемого набора данных), образовавшиеся в субэральных или переходных условиях, вторая группа включает оползни, образовавшиеся в субаквальных условиях, а третья, наименее многочисленная группа сформирована оползнями, возраст которых превышает десятки миллионов лет, т.е. образование которых происходило преимущественно в условиях иной эпохи тектонической активности. Таким образом, разделение всего набора данных на группы

по условиям оползнеобразования при оценке распределения крупнейших проявлений оползневых процессов по объемам является обоснованным.

Учитывая факт влияния возраста оползней на распределение оползней по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, выполним анализ распределения разновозрастных проявлений оползневых процессов. Из собранной выборки крупнейших проявлениям оползневых процессов возраст смещений был оценен для 259 оползней (в составе анализируемого набора данных), в том числе инструментально определен для 163 оползней. Смещение описанных крупнейших проявлений оползневых процессов происходило, начиная с раннего эоцена. На рисунке 4.6 показано распределение крупнейших проявлений оползневых процессов по геологическому времени образования. Из рисунка 4.6 видно, что смещение большей части такого рода оползней происходило в позднем неоплейстоцене и голоцене. Более детальный анализ частоты образования крупнейших оползней в период 528-5 тыс. лет (рис. 4.7) показал, что максимальная интенсивность формирования такого рода оползней была более характерна для эпох межледниковья – периодов более теплого климата и более активного выпадения дождевых осадков на более значительной территории Земли. Особенно отчетливо это проявляется в конце последней эпохи оледенения во время существенного изменения (потепления) климата, при котором таяние ледниковых покровов сопровождалось значительными объемами флювиогляциальных потоков, а также перераспределением напряжений в верхней части земной коры (в северных и горных регионах) в результате снятия нагрузки при дегляциации. В то же время, в холодные эпохи также отмечается значительное количество крупнейших проявлений оползневых процессов. При этом, смещение таких оползней происходило преимущественно в регионах интенсивной вулканической активности с захватом склонов высоких вулканических построек.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что зависимость количества проявлений оползневых процессов (на примере крупнейших проявлений оползневых процессов) от их объема описывается логарифмической функцией.

4.3. Особенности и закономерности проявления оползневых процессов на территории Российской Федерации

Выше, в параграфе 4.2, было показано, что закономерность проявления крупнейших оползней на Земном шаре наиболее хорошо описывается логарифмической функцией, характеризующей распределение оползневых явлений по их масштабу – объему горных пород, вовлеченных в смещения. В ходе диссертационного исследования автором для проверки сделанного вывода о возможности описания распределение оползневых явлений по их объему с

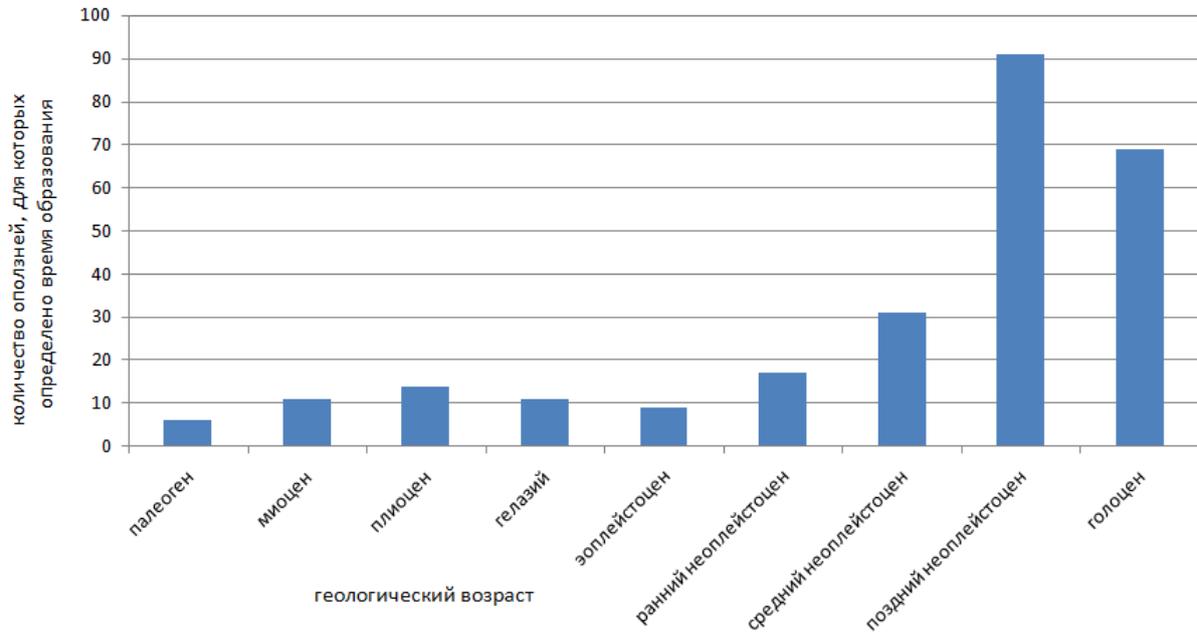


Рис. 4.6. Распределение крупнейших проявлений оползневых процессов (в составе анализируемого набора данных) по времени образования (сост. О.В.Зеркалем).

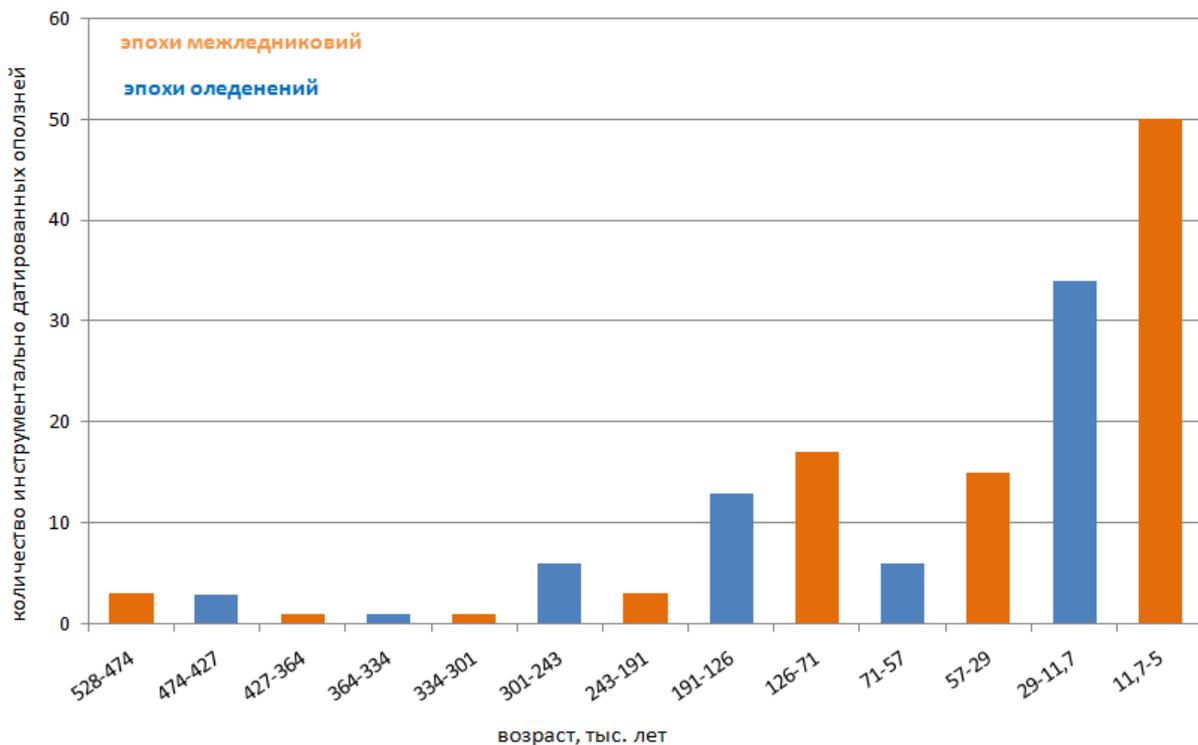


Рис. 4.7. Распределение крупнейших проявлений оползневых процессов по времени образования (по результатам датирования) в период с 528 тыс. по 5 тыс. лет назад (сост. О.В. Зеркалем).

использованием логарифмической функцией был выполнен анализ материалов, проявления оползневых процессов на территории Российской Федерации (на примере некоторых областей с активным их развитием). Такого рода анализ был проведен для двух типов данных:

1. "Сводные данные" - материалы, характеризующие общую (накопленную) интенсивность развития проявления оползневых процессов для участков с высокой оползневой пораженностью, без учета времени образования оползней;

2. "Данные, фиксированные по времени" - материалы, характеризующие активность развития проявления оползневых процессов, с фиксированным/заданным временным периодом активизации и образования оползней.

В качестве фиксированного/заданного временного периода активизации и образования оползней принимались:

- период региональной массовой активизации оползней;
- стандартно заданный период времени развития оползней - активность оползней в течение 1 года в областях интенсивного развития проявления оползневых процессов.

Особенности развития оползней без учета времени их образования.

В ходе диссертационного исследования автором было проведено детальное изучение развития оползневых процессов на участке "Долина гейзеров" (рис. 4.8) и в пределах Краснополянской оползневого района (рис. 4.9). Полученные материалы, характеризующие общую (накопленную) интенсивность оползневых процессов на этих территориях, могут рассматриваться в качестве "сводных", описывающих развитие оползней без учета времени их образования.

Участок "Долина гейзеров" располагается в нижней и средней части долины реки Гейзерной, выработанной в восточной, краевой части Узон-Гейзерной вулcano-тектонической депрессии. Образование Узон-Гейзерной вулcano-тектонической депрессии произошло в пределах обширного вулканического нагорья, сформировавшегося в пределах Восточно-Камчатской грабен-синклинали в результате современной вулканической деятельности. Геоморфологические условия района являются благоприятными для широкого развития оползневых и других склоновых процессов [104, 898]. Средняя часть долины р. Гейзерной имеет форму каньона глубиной до 300-350 м при ширине до 900-1000 м. Нижняя часть долины р. Гейзерной, где ее ширина возрастает до 3,5 км, характеризуется асимметричностью. Правый достаточно крутой (40° - 50° , местами до $>60^{\circ}$) борт долины, высотой от 120 м до 200 м, представляет собой склон вулканического плато. Левый борт долины с уклонами 15° - 30° , выработан в озерных отложениях Юго-Восточной котловины.

В пределах участка "Долина гейзеров" было закартировано 527 проявлений оползневых и других склоновых процессов. Распределение проявлений оползневых и других склоновых

процессов по механизму смещения показано на рисунке 4.10, а распределение частоты оползней по объему горных пород, вовлеченных в смещение, - на рисунке 4.11.

Анализ распределения оползневых процессов по объемам, вовлеченных в смещения горных пород, на участке "Долина гейзеров" показал достаточно закономерное снижение частоты оползней с увеличением их объемов (рис. 4.12а). Однако, описание выявленного распределения данных по всей выборке с использованием логарифмической функции выявило относительно невысокую достоверность полученной аппроксимации ($R^2=0,829$), имеющей значения ниже, чем достоверность аппроксимации с использованием степенной функции. Вместе с тем, рассмотрение кумулятивного графика распределения проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, на участке "Долина гейзеров" позволяет предположить, что в составе рассмотренного набора данных имеет место наложение нескольких выборок оползневых процессов по объемам. Проведенное разделение общей выборки данных на основании механизма смещения с выделением выборки, включающей оползни течения, и выборки, включающей оползневые и другие склоновые процессы, для головной части (зоны отрыва) которых было характерно скольжение (оползни скольжения, комплексные оползни, оползни-обвалы), привело к существенному росту достоверности аппроксимации. Распределение оползни течения по объемам горных пород, вовлеченных в смещения (в интервале от 1 тыс. м³ до 15 тыс. м³), описывается с использованием логарифмической функции с достоверность аппроксимации ($R^2=0,993$) (рис. 4.12б), а распределение оползней и других склоновых процессы, для головной части (зоны отрыва) которых было характерно скольжение, - с достоверность аппроксимации ($R^2=0,981$) (рис. 4.12в). В то же время, следует указать, что для проявлений оползневых процессов с объемами горных пород, вовлеченных в смещения, свыше 700 тыс. м³, типичен собственный характер распределения (рис. 4.12а).

Краснополянский оползневой район охватывает среднюю часть долины реки Мзымты и примыкающие участки долин ее притоков (р. Лаура, р. Пслух и др.). Рассматриваемая территории располагается на южном крыле мегаантиклинория Большого Кавказа в пределах структур Гагро-Джавской тектонического блока, отделенных от структур осевой зоны Кавказа Главным Кавказским надвигом, прослеживаемом в 4-5 км севернее. Современная долина р. Мзымты на рассматриваемом участке имеет сложный характер, представляя собой чередование узких линейных участков, где русло имеет резкие перепады и V-образный облик, и относительно широких участков, с наличием нескольких надпойменных террас. Долина обрамляется разновысотными хребтами - Аибга, Ачишхо, Псехако, макросклоны которых возвышаются над русловой частью реки от 0,8-0,9 км до 1,9 км. Крутизна макросклонов (в

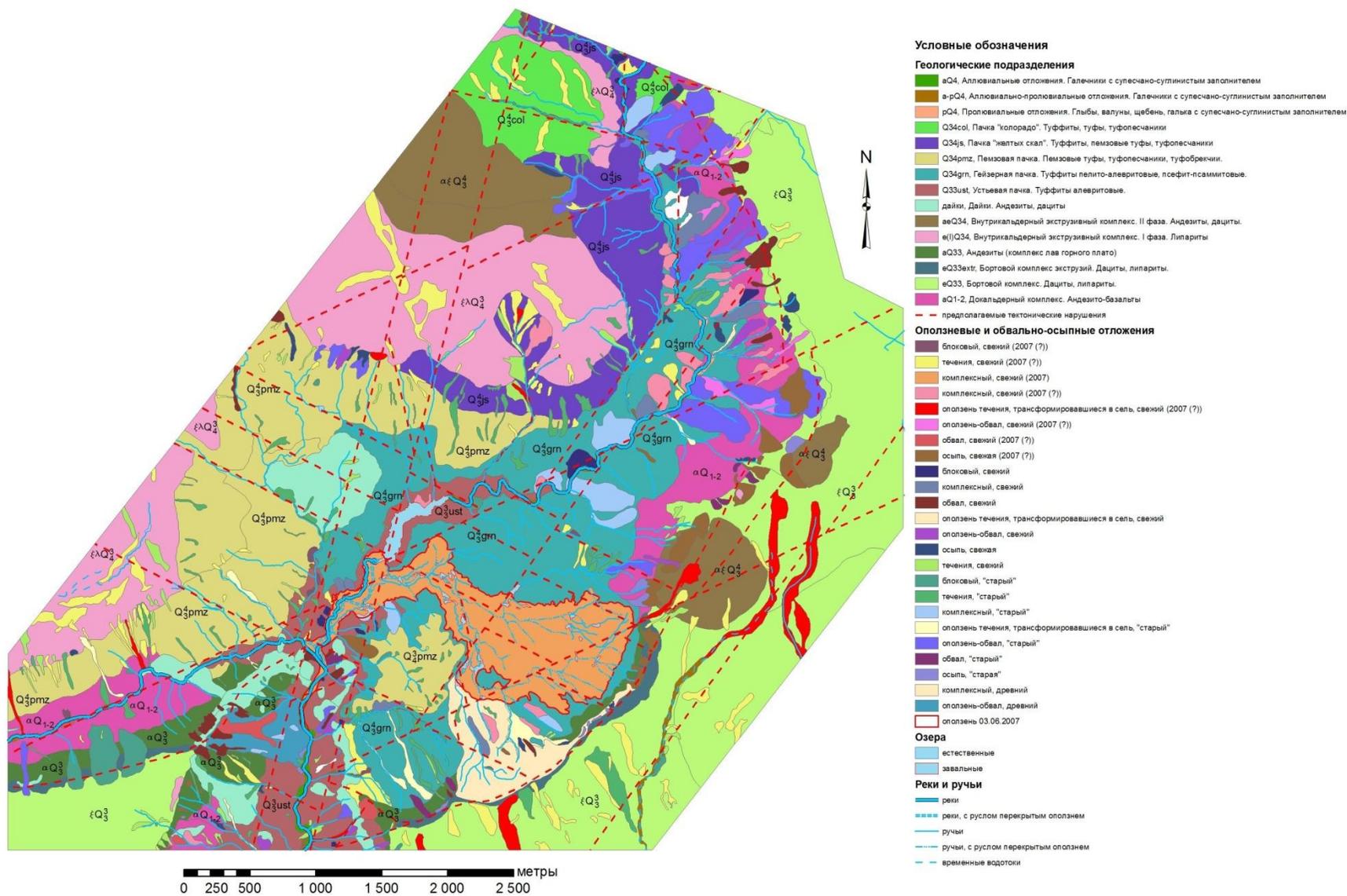


Рис. 4.8. Карта развития оползней на территории участка «Долина гейзеров». (сост. О.В.Зеркалем).

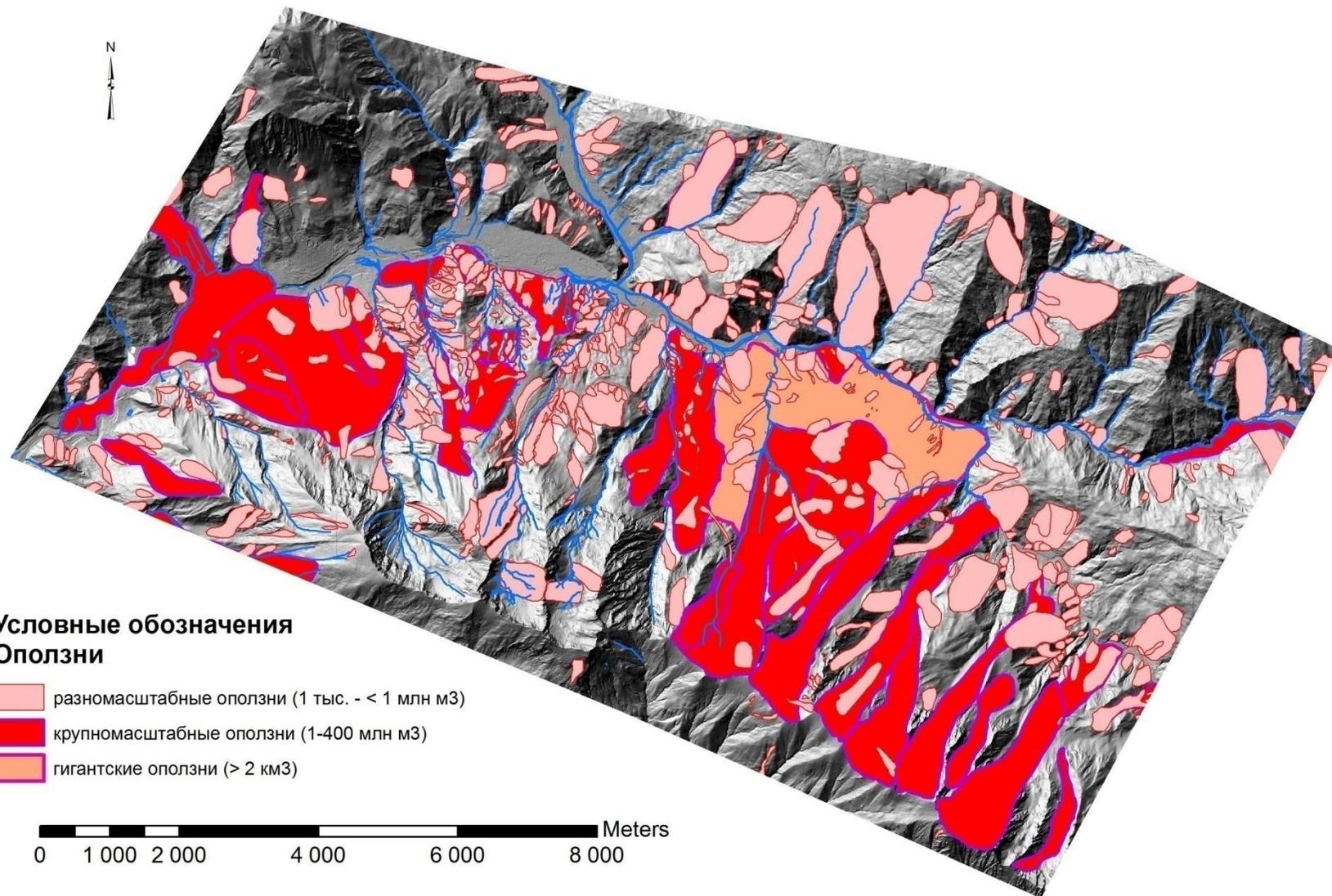


Рис. 4.9. Карта развития оползней на территории Краснополянского оползневого района (сост. О.В.Зеркалем).

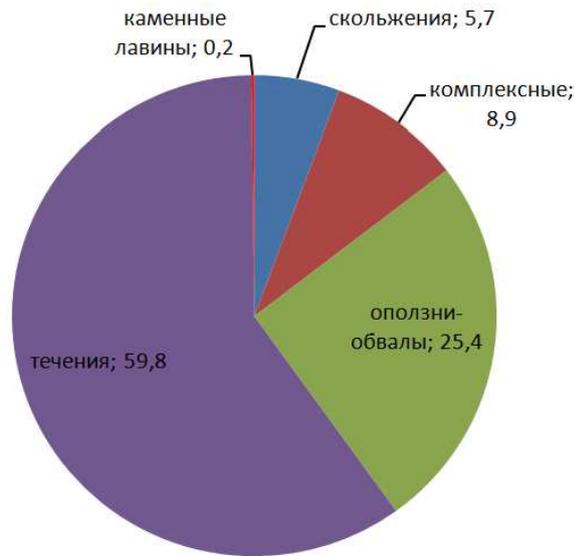


Рис. 4.10. Распределение проявлений оползневых и других склоновых процессов по механизму смещения на участке "Долина гейзеров".

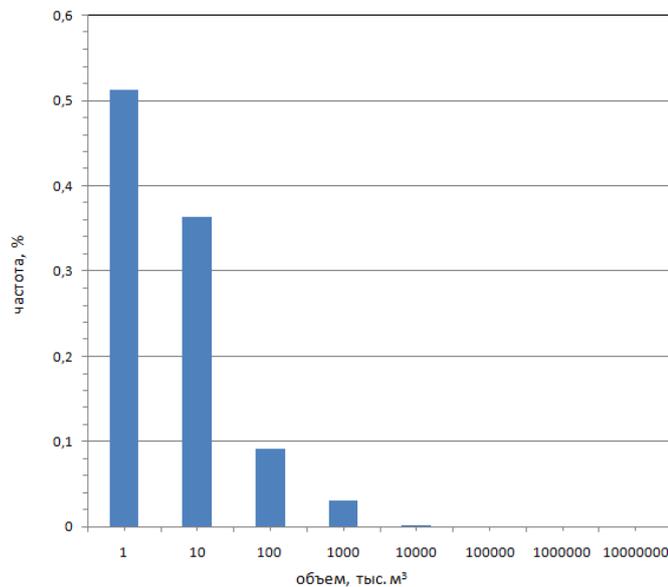


Рис. 4.11. Частота проявлений оползневых и других склоновых процессов по объему горных пород, вовлеченных в смещение, на участке "Долина гейзеров".

среднем) составляет 25° - 30° . Геоморфологические условия района являются благоприятными для широкого развития оползневых и других склоновых процессов [809, 900].

В пределах Краснополянского оползневого района было закартировано 750 проявлений оползневых и других склоновых процессов. Распределение проявлений оползневых и других склоновых процессов по механизму смещения показано на рисунке 4.13, а частота этих по объему горных пород, вовлеченных в смещение, рисунке 4.14.

Распределение частоты проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, на территории Краснополянского оползневого района имеет

логнормальный характер (рис. 4.14).

Анализ кумулятивного графика распределения оползневых процессов по объемам, вовлеченных в смещения горных пород, в Краснополянском оползневом районе показал достаточно закономерное снижение встречаемости оползней с увеличением их объемов (рис. 4.15а). Вместе с тем, рассмотрение кумулятивного графика распределения проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, в Краснополянском оползневом районе позволяет предположить, что в составе рассмотренного набора данных имеет место наложение нескольких выборок оползневых процессов по объемам:

- с объемами от 1 тыс. м³ до ~35 млн. м³;
- с объемами свыше 35 млн. м³.

Выявленные распределения данных указанным выборкам с использованием логарифмической функции показали достаточно высокие значения достоверности полученных аппроксимаций ($R^2=0,959$ и $R^2=0,968$, соответственно, рис. 4.15а).

Разделение общей выборки данных на основании механизма смещения с выделением выборки, включающей оползни течения, и выборки, включающей оползни скольжения, привело к росту достоверности аппроксимации (рис. 4.15б и 4.15в). В то же время, следует указать, что для проявлений оползневых процессов с объемами горных пород, вовлеченных в смещения, более 1 млн. м³, характерно собственное распределение (рис. 4.15).

Особенности развития оползней с учетом времени их образования.

Анализ особенностей развития оползней с учетом времени их образования в ходе диссертационного исследования автором был проведен:

- для области массовой региональной активизации оползневых и других гравитационных склоновых процессов, произошедшей в Северо-Кавказском регионе при катастрофическом паводке в июне 2002 г.;

- для районов интенсивного развития проявления оползневых процессов, для которых характерно активное оползнеобразование в течение 1 года, включая:

- развитие оползневых процессов на территории г. Горького (в настоящее время – г. Н. Новгород) в 1985 г.;
- развитие оползневых процессов на территории г. Барнаула в 1990 г.;
- развитие оползневых процессов в Сочинском регионе в 1979 г., 1981 г. и 2018 г.

Массовая региональная активизация в Северо-Кавказском регионе в июне 2002 г. была обусловлена катастрофическим паводком, связанным с выпадением в течение нескольких дней (20-24.06.2002) значительного количества осадков, составивших 2-3 месячные нормы в зависимости от района (рис. 4.16). На территории региона после аномальных осадков и

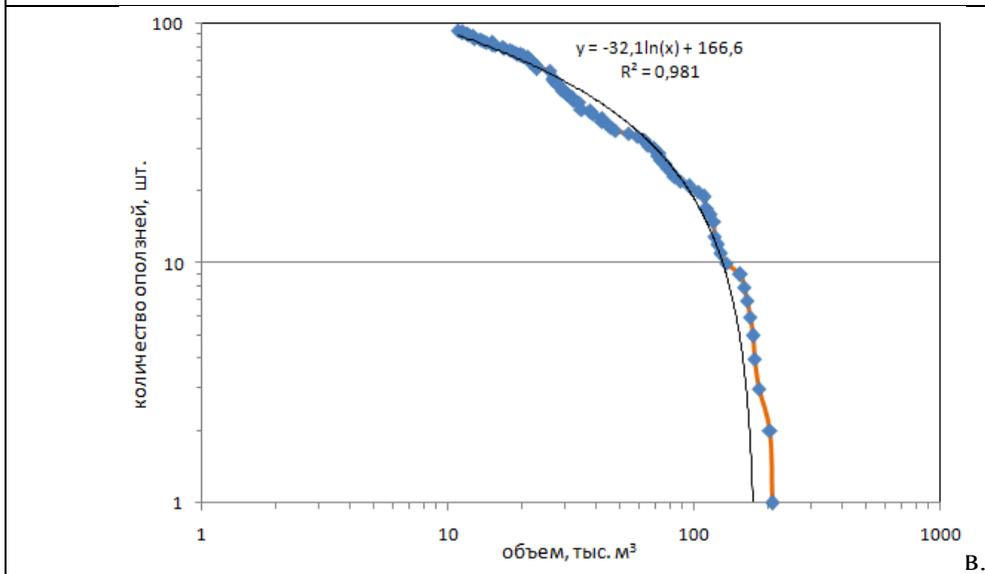
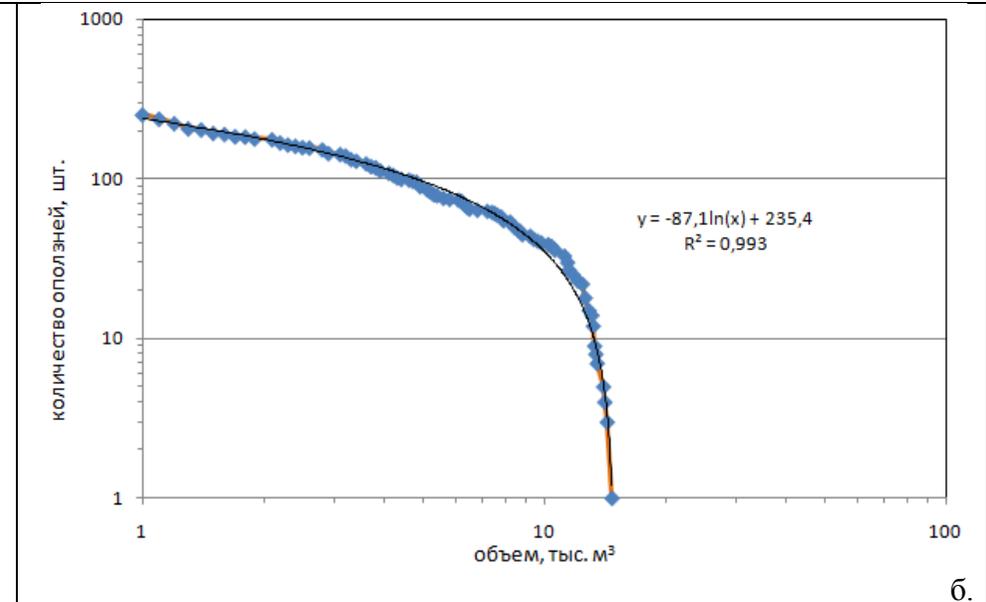
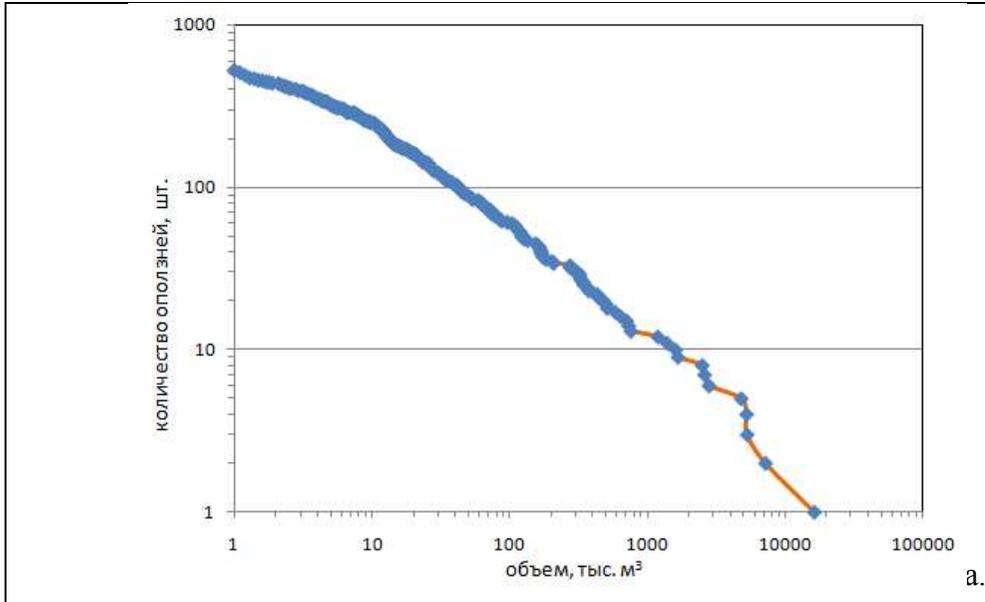


Рис. 4.12. Кумулятивные графики распределения оползневых явлений по их объему на участке "Долина гейзеров" с аппроксимацией с использованием логарифмической функции (сост. О.В. Зеркалем).

а. для общего набора данных:
 $y = -63,4 \ln(x) + 390,9$; достоверность аппроксимации $R^2=0,829$

б. для оползней течения (объем от 1 тыс. м³ до 15 тыс. м³, n = 253):
 $y = -87,1 \ln(x) + 235,4$; достоверность аппроксимации $R^2=0,993$

в. для оползней, зона отрыва которых представляет собой скольжение (объем от 10 тыс. м³ до 210 тыс. м³, n = 94):
 $y = -32,1 \ln(x) + 166,6$; достоверность аппроксимации $R^2=0,981$

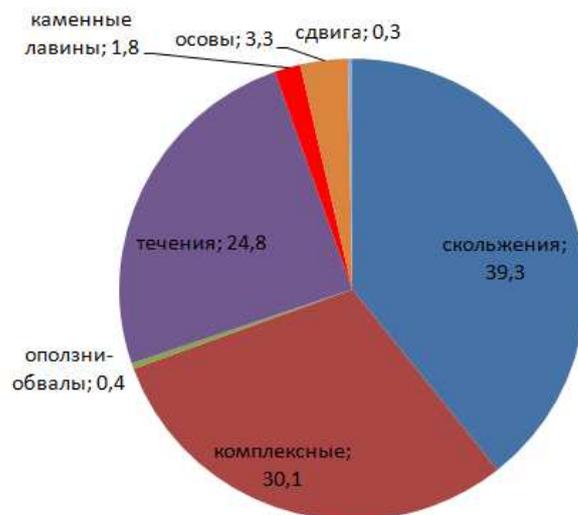


Рис. 4.13. Распределение проявлений оползневых и других склоновых процессов по механизму смещения в Краснополянском оползневом районе.

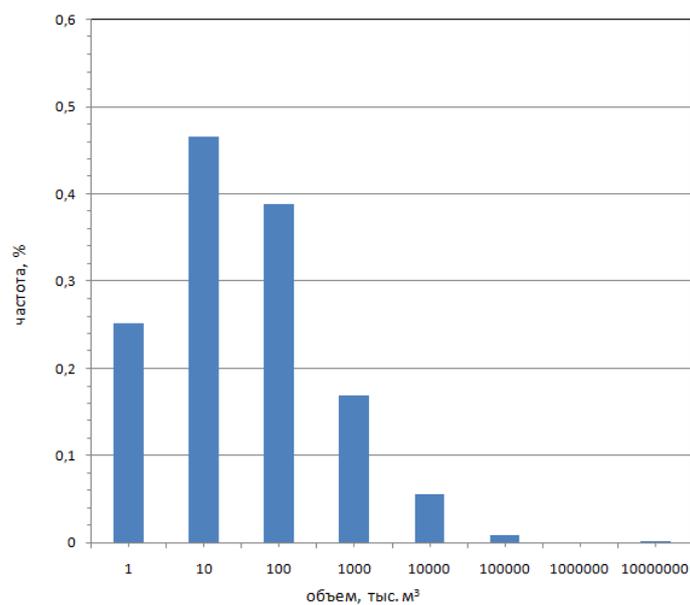


Рис. 4.14. Частота проявлений оползневых и других склоновых процессов по объему горных пород, вовлеченных в смещение, в Краснополянском оползневом районе.

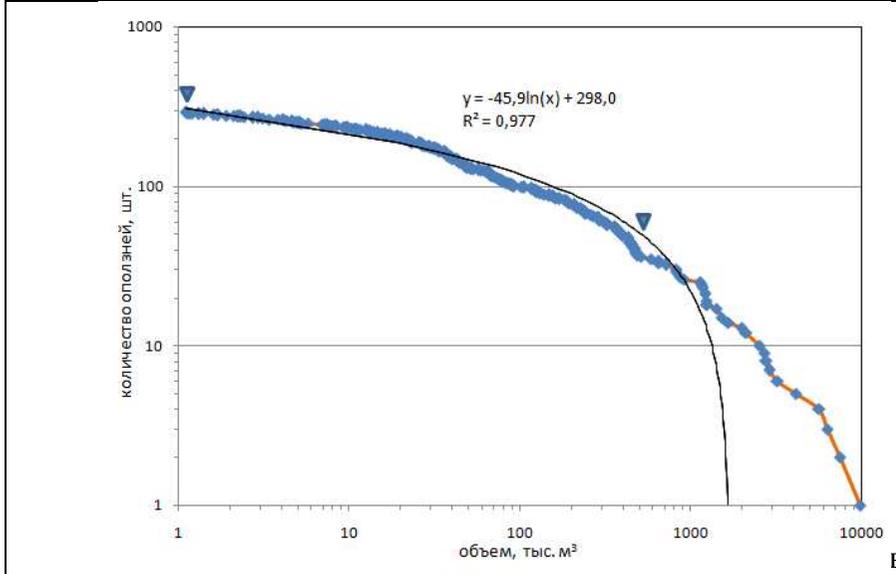
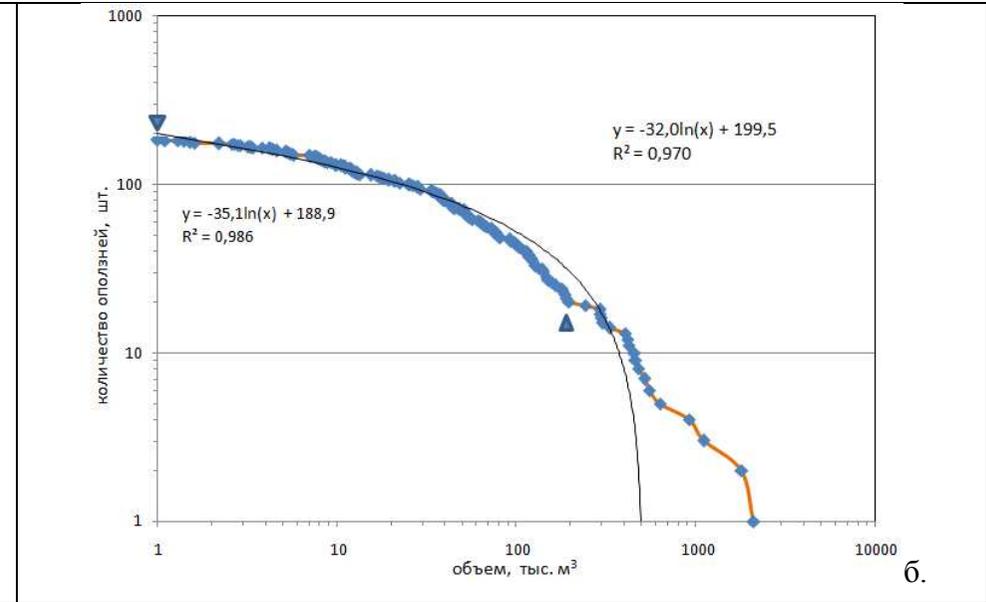
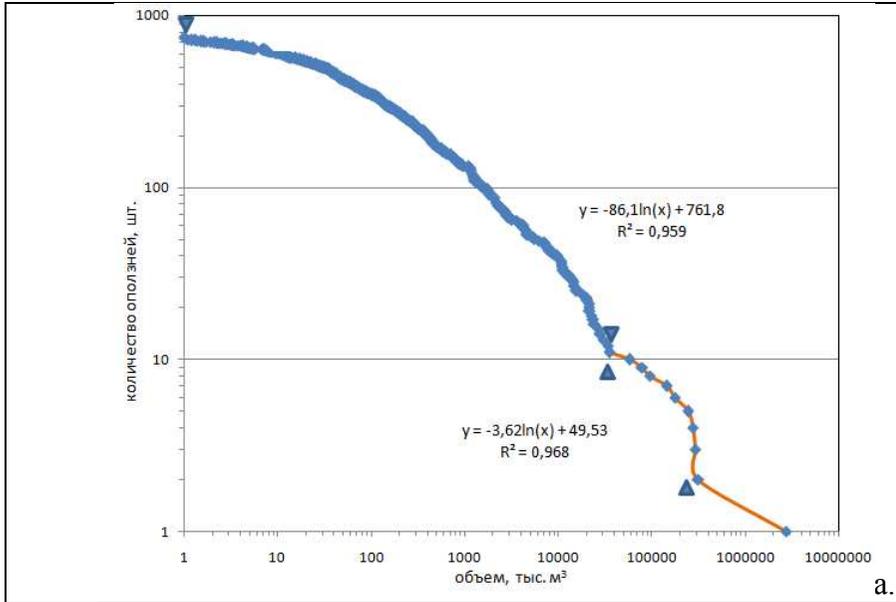


Рис. 4.15. Кумулятивные графики распределения оползневых явлений по их объему в Краснополянском оползневом районе с аппроксимацией с использованием логарифмической функции (сост. О.В. Зеркалем).

- а. для общего набора данных
- б. для оползней течения (аппроксимация для выборки оползней с объемом до 1 млн. м³, n=164)
- в. для оползней, зона отрыва которых представляет собой скольжение (аппроксимация для выборки оползней с объемом до 1 млн. м³, n=264)

катастрофического паводка произошла региональная активизация опасных геологических процессов – активность экзогенных геологических процессов была зафиксирована на ~1600 участках [147]. В зоне катастрофического паводка было обследовано 615 оползней, из которых 467 находились в стадии активизации, а 95 оползней являлись вновь образовавшимися. Среди активизировавшихся более 100 оползней имели объем свыше 1 млн. м³, в т.ч. более 30 оползней - 10 млн. м³ и более. Крупнейшими из активизировавшихся были Урупский (80,7 млн. м³), Нижне-Аргванский (56 млн. м³), Эчедский (54,6 млн. м³) оползни. Общий суммарный объем грунтов, вовлеченных в смещения в зоне региональной активизации оползней в июне 2002 г., составил более 1,12 км³.

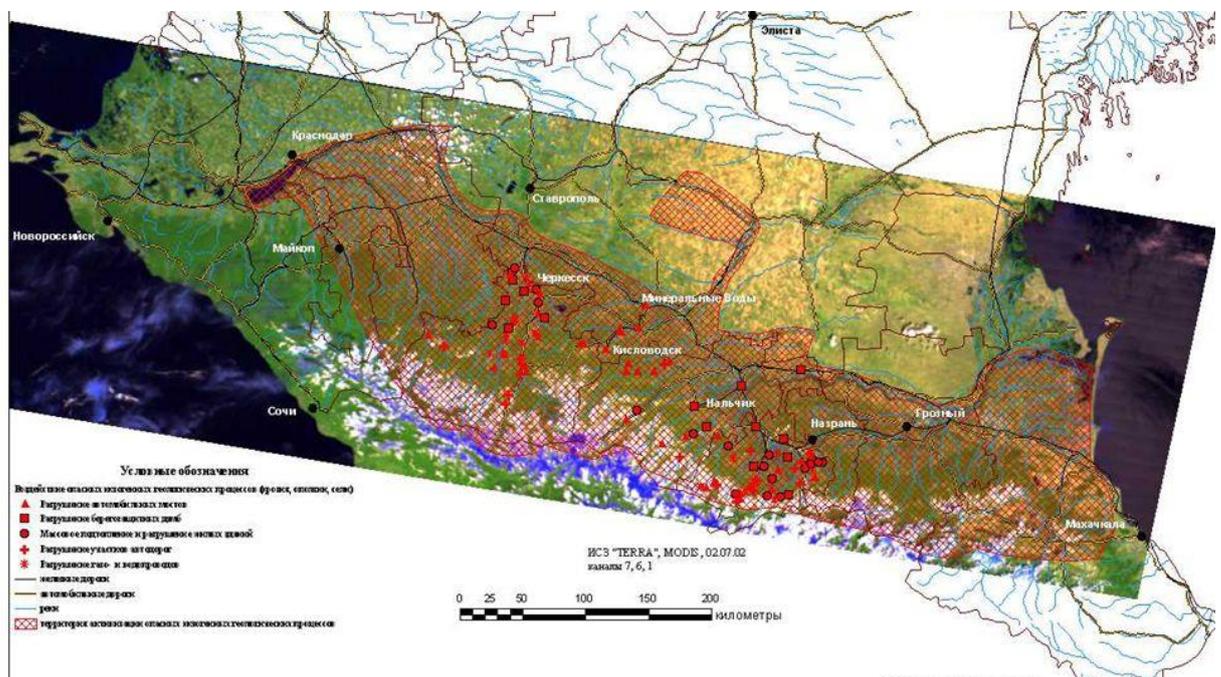


Рис. 4.16. Территории с аномальным выпадением осадков в июне 2002 г. (сост. О.В. Зеркалем).

Анализ распределение проявлений оползневых процессов в зоне региональной активизации в июне 2002 г. по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, показал его бимодальный характер (рис. 4.17). Бимодальный характер распределения, что, по-видимому, объясняется наличием двух типов активных оползней:

- оползней, вновь образовавшихся в условиях аномального воздействия метеоклиматического фактора;
- оползней, испытавших активизацию в условиях аномального воздействия метеоклиматического фактора, но формирование которых произошло в условиях с иным сочетанием воздействующих факторов.

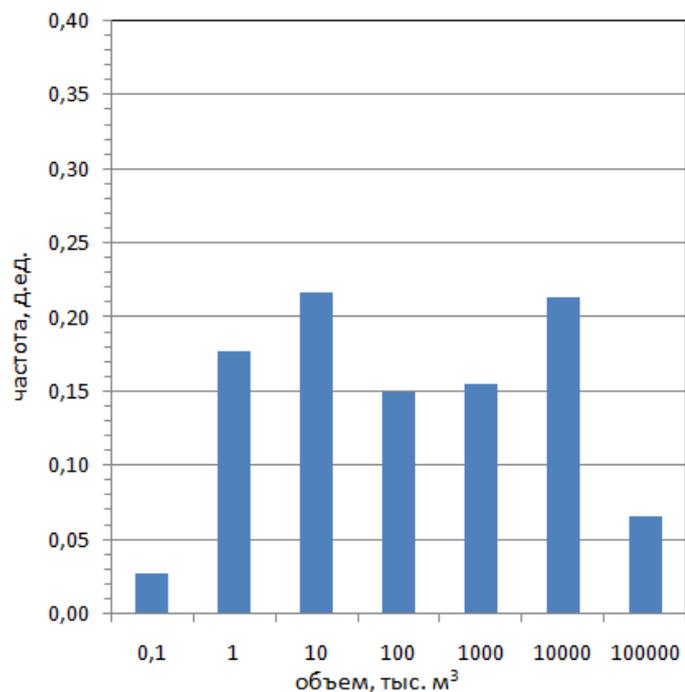


Рис. 4.17. Распределение частоты проявлений оползневых процессов в зоне региональной активизации в июне 2002 г. по объемам горных пород, вовлеченных в смещения (сост. О.В. Зеркалем).

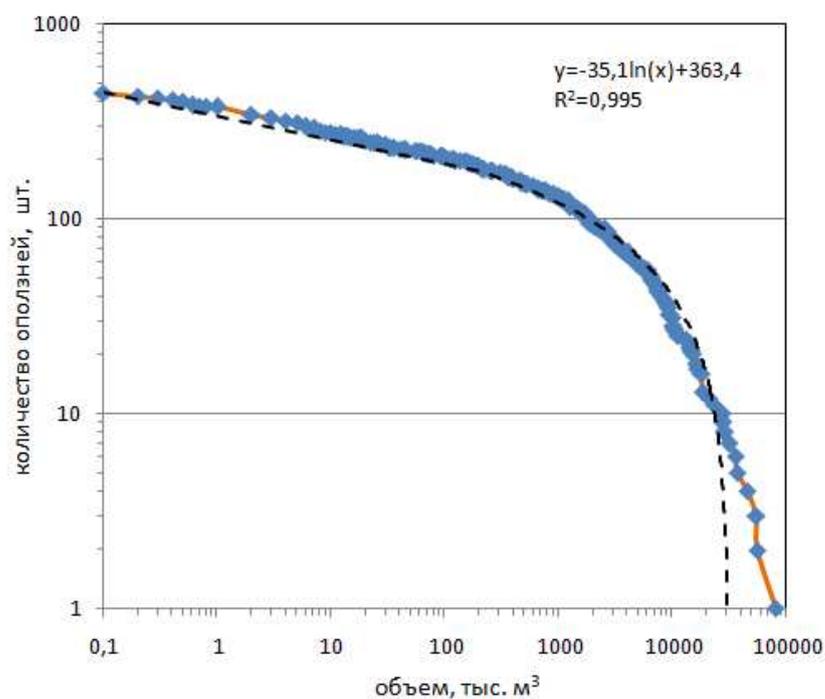


Рис. 4.18. Кумулятивный график распределения проявлений оползневых процессов в зоне региональной активизации 2002 г. по их объемам (сост. О.В. Зеркалем).

Оценка распределения проявлений оползневых процессов в зоне региональной активизации в июне 2002 г. от их объема выявила, что, в целом, это распределение может быть успешно описана логарифмической функцией (рис. 4.18):

$$y = -35,1 \ln(x) + 363,4,$$

где

y – количество оползней;

x – объемам горных пород, вовлеченных в смещения.

Полученная зависимость имеет достаточно высокую величину достоверности аппроксимации ($R^2=0,995$). Следует отметить, что использование степенной функции дает более низкие значения достоверности аппроксимации ($R^2=0,747$).

Однако, полученная зависимость не в полной мере описывает активизацию проявлений оползневых процессов с максимальными величинами объемов смещенных пород, что, по-видимому, обуславливается их образованием в условиях с иным сочетанием воздействующих факторов.

Развитие оползневых процессов на территории г. Горький (в настоящее время - г. Н. Новгород) приурочено к "Окско-Волжскому косоугору" – участкам правого борта нижней части долины р. Оки и правого борта долины р. Волги ниже впадения р. Оки, представляющих собой склон Приволжской пластово-денудационной ступенчато-увалистой возвышенности (неогеновой поверхности выравнивания) с перепадом высот до 120 м. Для этой территории имеются сведения о развитии оползней, начиная с XIV века [327]. В 1946 г. для изучения и наблюдения за развитием оползней в рассматриваемом регионе была создана Горьковская оползневая станция [89]. В ходе диссертационного исследования автором был выполнен анализ развития оползневых процессов на территории г. Горького (в настоящее время – г. Н. Новгород) в 1985 г. – периода, характеризующегося показателями активности оползней на уровне среднегодовых значений¹. Исходным материалом для анализа явились фактические данные, представленные в Отчете-ежегоднике по результатам изучения экзогенных геологических процессов на Окско-Волжском побережье в 1985 г. [931]. Суммарный объем горных пород, вовлеченных в смещения, на рассматриваемой территории в 1985 г. составил 37 тыс. м³.

Распределение частоты проявлений оползневых процессов на территории г. Н. Новгород (ранее – г. Горький) в 1985 г. с различными объемами горных пород, вовлеченных в смещения, имеет логнормальный характер (рис. 4.19).

Оценка распределения проявлений оползневых процессов на территории г. Н. Новгород

¹ Более подробно изменчивость многолетней активности оползневых процессов в районе г. Н. Новгорода рассмотрена в главе 5.

(ранее – г. Горького) в 1985 г. по их объемам выявила, что, в целом, распределение числа оползней в зависимости от объема горных пород, вовлеченных в смещения (рис. 4.20), может быть успешно описано логарифмической функцией:

$$y = -2,98 \ln(x) + 7,461,$$

где

y – количество оползней;

x – объемам горных пород, вовлеченных в смещения.

Полученное описание имеет достаточно высокую величину достоверности аппроксимации ($R^2=0,947$). Следует отметить, что использование степенной функции дает более низкие значения достоверности аппроксимации ($R^2=0,911$).

Вместе с тем, рассмотрение кумулятивного графика распределения проявлений оползневых процессов на территории г. Н. Новгород (ранее – г. Горький) в 1985 г. позволяет предположить, что в составе рассмотренного набора данных имеет место наложение нескольких выборок оползневых процессов по их объемам. Первый набор данных образует выборка оползней с объемами до 0,259 тыс. м³, из которых ~30% составляют новообразованные мелкомасштабные смещения. Второй набор данных формирует выборка оползней с объемами от 0,26 тыс. м³ до 11 тыс. м³. Этот набор данных включает только участки активизации ранее существовавших оползней.

Развитие оползневых процессов на территории г. Барнаула приурочено к высокому левому берегу долины р. Оби и правобережью р. Барнаулки. Протяженность береговой полосы, подверженной оползневым процессам в г. Барнауле, составляет 42 км [275]. Высота склонов колеблется от 30 м до 110 м. В 1973 г. для изучения и наблюдения за развитием оползней в рассматриваемом регионе была создана Барнаульская оползневая станция [89].

В ходе диссертационного исследования автором был выполнен анализ развитие оползневых процессов на территории г. Барнаула в 1990 г. – периода, характеризующегося показателями активности оползней выше среднемноголетних значений. Исходными материалами для анализа явились фактические данные, представленные в Отчете по результатам стационарных наблюдений за геодинамическими процессами в г. Барнауле в 1990 г. [923]. Суммарный объем горных пород, вовлеченных в смещения, на рассматриваемой территории в 1990 г. составил 152,51 тыс. м³.

Анализ частоты проявлений оползневых процессов на территории г. Барнаула в 1990 г. по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, имеет логнормальный характер (рис. 4.21).

Оценка распределения проявлений оползневых процессов на территории г. Барнаула в 1990 г. по их объемам выявила, что, в целом, распределение числа оползней в зависимости от объема горных пород, вовлеченных в смещения (рис. 4.22), может быть успешно описано

логарифмической функцией:

$$y = -5,85 \ln(x) + 19,28$$

где

y – количество оползней;

x – объемам горных пород, вовлеченных в смещения.

Полученная зависимость имеет достаточно высокую величину достоверности аппроксимации ($R^2=0,956$). Следует отметить, что использование степенной функции дает более низкие значения достоверности аппроксимации ($R^2=0,916$).

Вместе с тем, рассмотрение кумулятивного графика распределения проявлений оползневых процессов на территории г. Барнаула в 1990 г. позволяет предположить, что в составе рассмотренного набора данных имеет место наложение нескольких выборок оползневых процессов по их объемам. Первый набор данных образует выборка оползней с объемами до 4,25 тыс. м³, из которых ~30% составляют активизации ранее сформировавшихся оползней. Второй набор данных формирует выборка новообразованных оползней с объемами свыше 5 тыс. м³.

Развитие оползневых процессов в Сочинском регионе приурочено к Черноморскому побережью Кавказа в районе г. Сочи и на прилегающей территории. Контрастный альпинотипный рельеф региона, близость Черного моря формируют своеобразный климат, характеризующийся наибольшим годовым количеством осадков (в отдельные годы – более 2000 мм) на территории Российской Федерации. Природные (геологические, геоморфологические, метеоклиматические) условия региона являются благоприятными для широкого развития оползневых и других склоновых процессов. В 1934 г. для изучения и наблюдения за развитием оползней в рассматриваемом регионе (г. Сочи и прилегающие территории) была создана Черноморская оползневая станция [89].

Исходными материалами для анализа явились фактические данные, представленные в Отчетах по стационарному изучению инженерно-геологических процессов на Черноморском побережье Кавказа в 1979 г. и 1981 г. (Инженерно-геологические ежегодники) [929, 932] и Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов в I-IV кварталах 2018 г. (по данным «Гидроспецгеологии»).

Суммарные объемы горных пород, вовлеченных в оползневые смещения, составили в 1979 г. - 7,95 млн. м³, в 1981 г. - 59,88 млн. м³, и в 2018 г. - 1,18 млн. м³.

Распределение частоты проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, произошедших в г. Сочи и на прилегающих территориях, имеет логнормальный характер независимо от года (рис. 4.23).

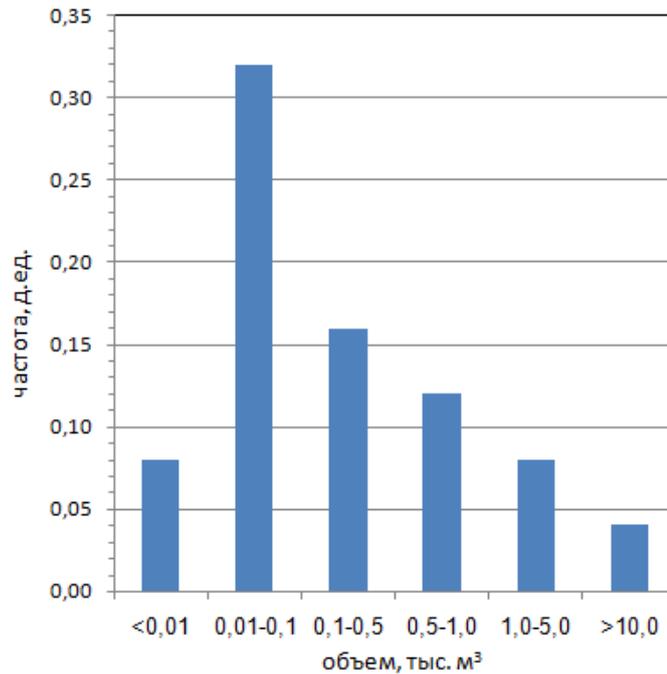


Рис. 4.19. Распределение проявлений оползневых процессов на территории г. Н. Новгород (ранее – г. Горького) в 1985 г. по объемам горных пород, вовлеченных в смещения (сост. О.В. Зеркалем).

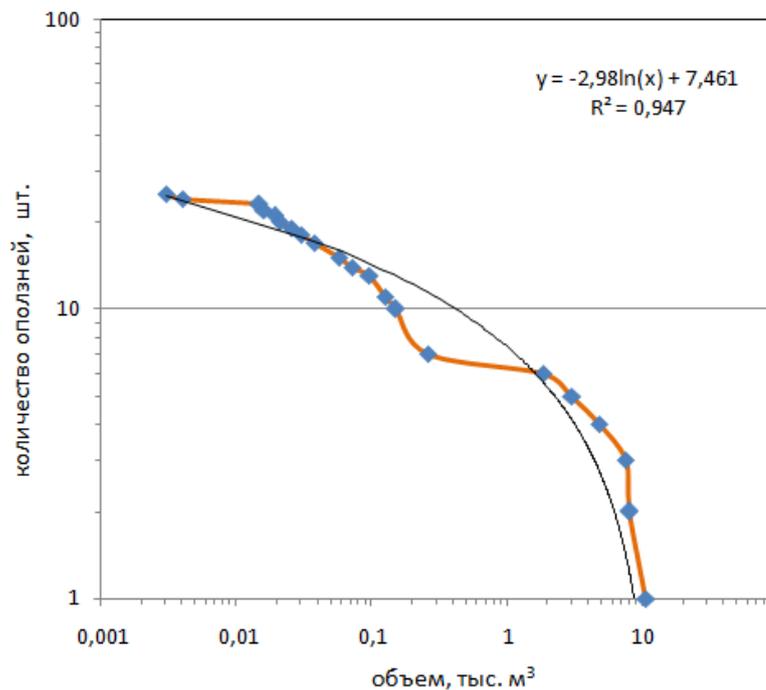


Рис. 4.20. Кумулятивный график распределения проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, произошедших на территории г. Горького (в настоящее время – г. Н. Новгород) в 1985 г. (сост. О.В. Зеркалем).

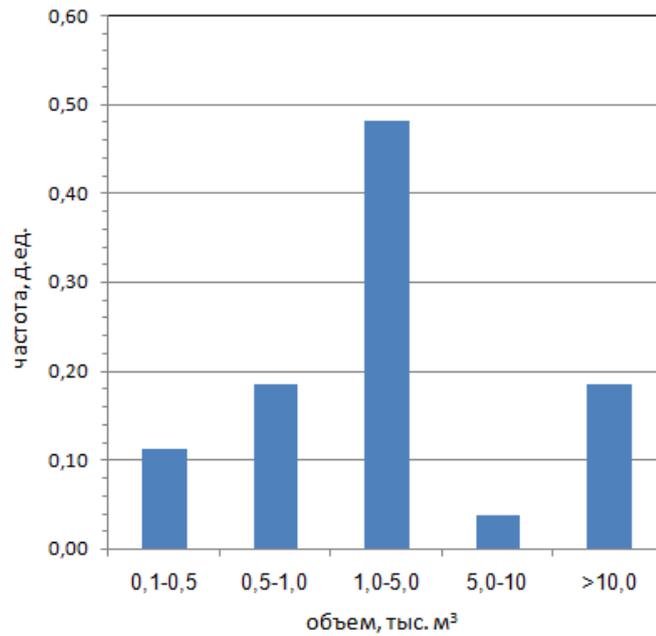


Рис. 4.21. Распределение проявлений оползневых процессов на территории г. Барнаула в 1990 г. по объемам горных пород, вовлеченных в смещения (сост. О.В. Зеркалем).

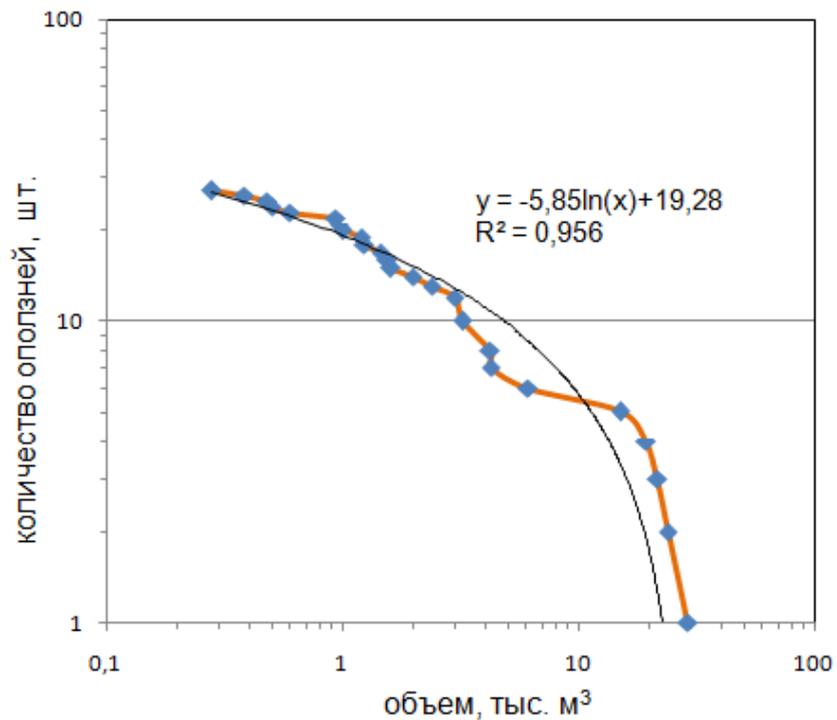


Рис. 4.22. Кумулятивный график распределения проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, произошедших на территории г. Барнаула в 1990 г. (сост. О.В. Зеркалем).

Оценка распределения проявлений оползневых процессов в Сочинском регионе по их объемам выявила, что, в целом, независимо от рассматриваемого временного периода, распределение числа оползней в зависимости от объема горных пород, вовлеченных в смещения (рис. 4.24), может быть успешно описана логарифмической функцией:

1979	1981	2018
n=307	n=498	n=97
$y = -42,0 \ln(x) + 192,4$	$y = -59,1 \ln(x) + 377,2$	$y = -12,5 \ln(x) + 56,36$
$R^2 = 0,875$	$R^2 = 0,941$	$R^2 = 0,974$

где

y – количество оползней;

x – объемам горных пород, вовлеченных в смещения.

Полученные зависимости имеют достаточно высокие величины достоверности аппроксимации. Однако, в отдельных случаях (для данных 1979 г.) использование степенной функции для обработки общей выборки показывает высокие величины достоверности аппроксимации (для данных 1979 г. - $R^2=0,875$ и $R^2=0,947$). Вместе с тем, рассмотрение кумулятивных графиков распределения проявлений оползневых процессов в Сочинском регионе в различные годы (1979, 1981, 2018) позволяет предположить, что в составе рассмотренных наборов данных имеет место наложение нескольких выборок оползневых процессов по их объемам (рис. 4.25). При этом, наиболее крупные проявления оползневых процессов представляют собой активизировавшиеся оползни. Разбиение общих выборок с учетом объемов горных пород, вовлеченных в смещения, повысило достоверность аппроксимации логарифмической функцией (для данных 1979 г. – до $R^2=0,980$ и $R^2=0,986$; для данных 1981 г. – до $R^2=0,962$ и $R^2=0,982$; для данных 2018 г. – до $R^2=0,977$).

4.4. Выводы по главе 4.

Основные научные результаты диссертационного исследования, представленные в главе 4, состоят в следующем:

1. Формирование более 89% крупнейших ($>0,8 \text{ км}^3$) оползней, произошедших на Земном шаре за последние 500 лет, обусловлено воздействием эндогенных факторов, являвшихся триггером развития склоновых деформаций.

2. Встречаемость крупнейших проявлений оползневых процессов на Земном шаре в зависимости от их объема (при анализе с учетом условий и с учетом

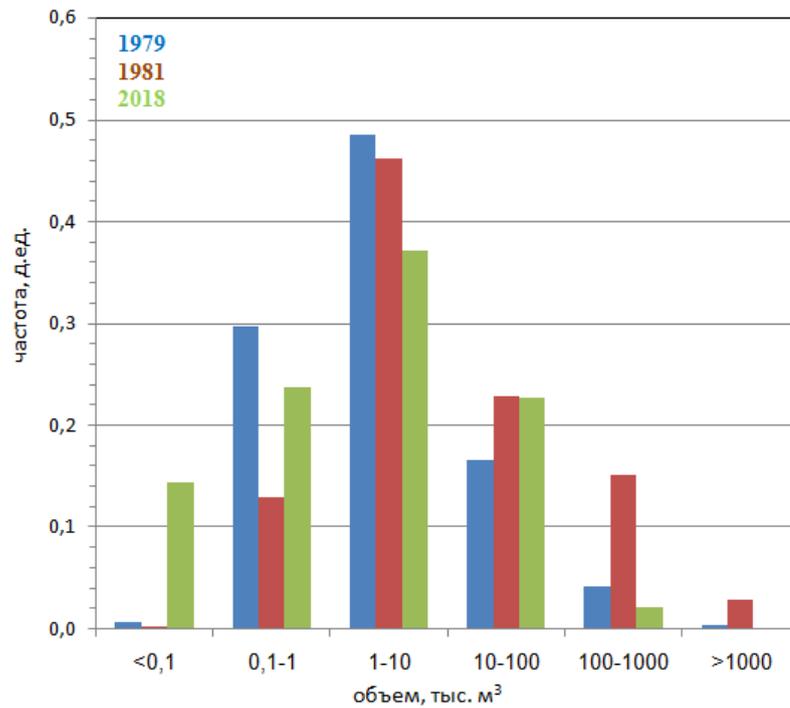


Рис. 4.23. Распределение частоты проявлений оползневых процессов в Сочинском регионе (в. 1979 г., 1981 г. и 2018 г.) по объемам горных пород, вовлеченных в смещения (сост. О.В. Зеркалем).

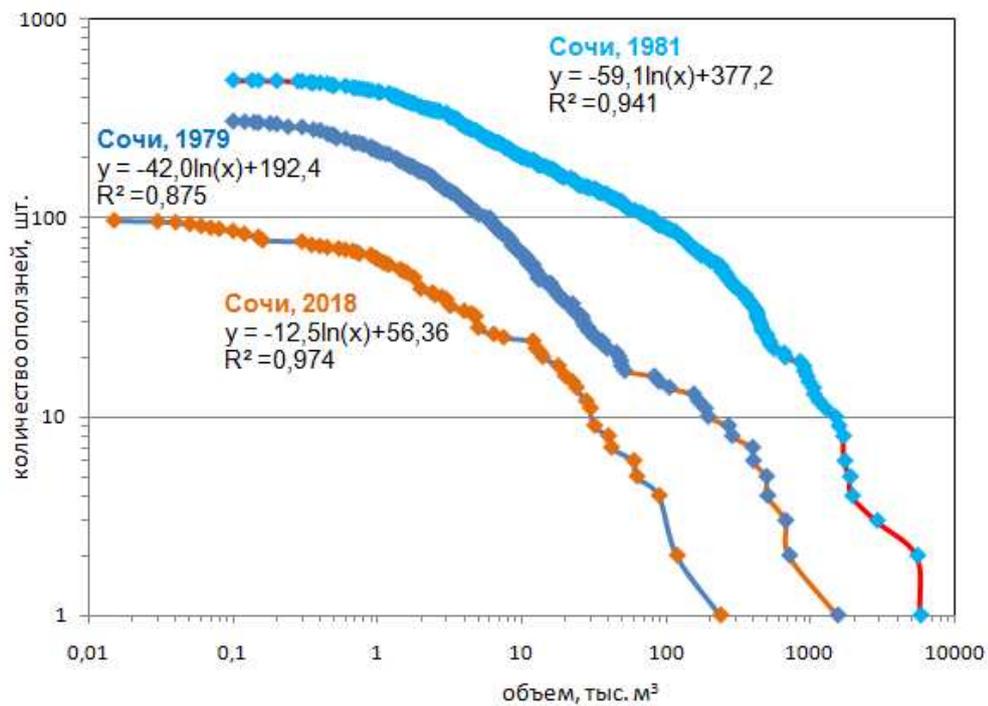


Рис. 4.24. Кумулятивные графики распределения проявлений оползневых процессов по объемам горных пород, вовлеченных в смещения, произошедших на территории г. Сочи и на прилегающих территориях в 1979 г., 1981 г. и 2018 г. (сост. О.В. Зеркалем).

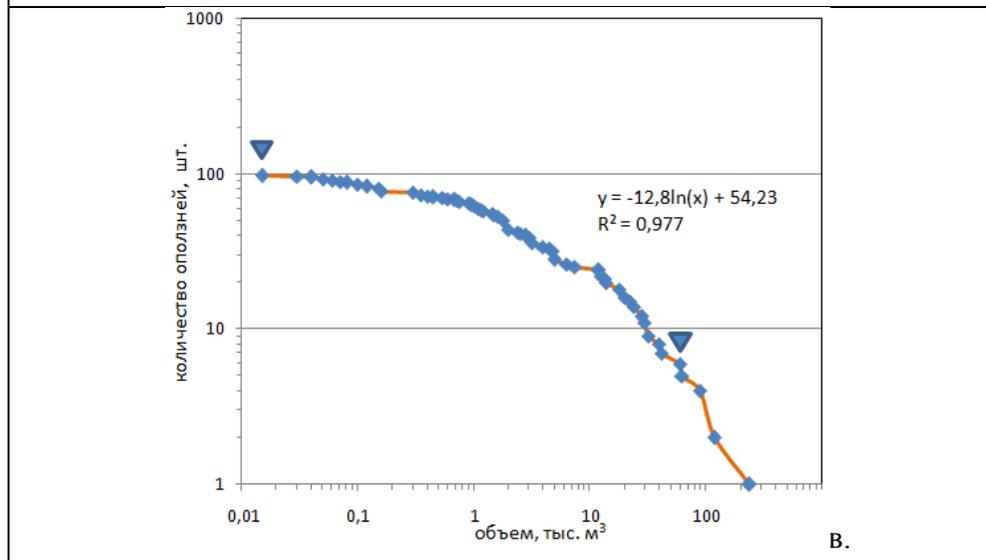
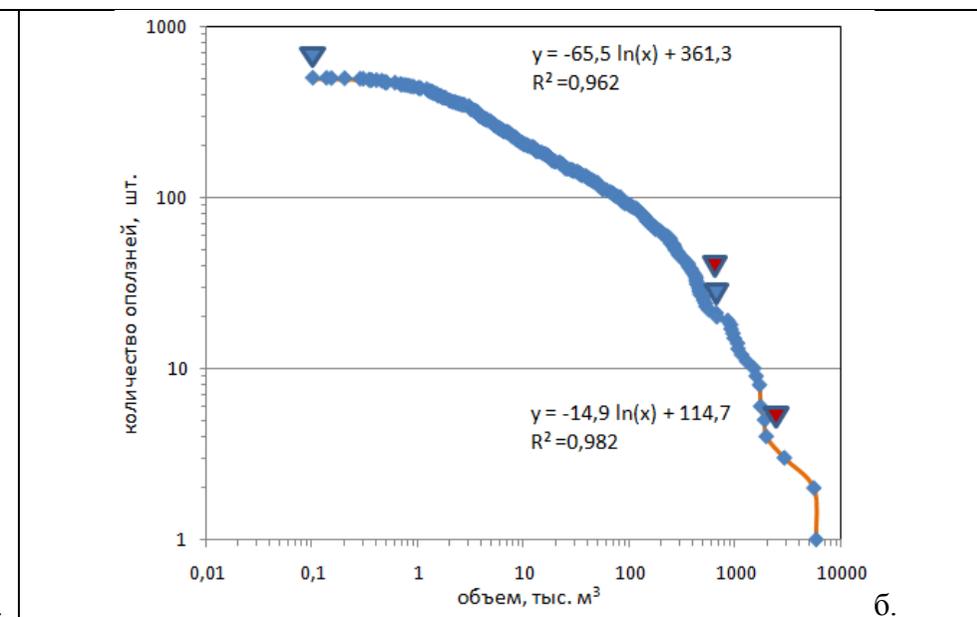
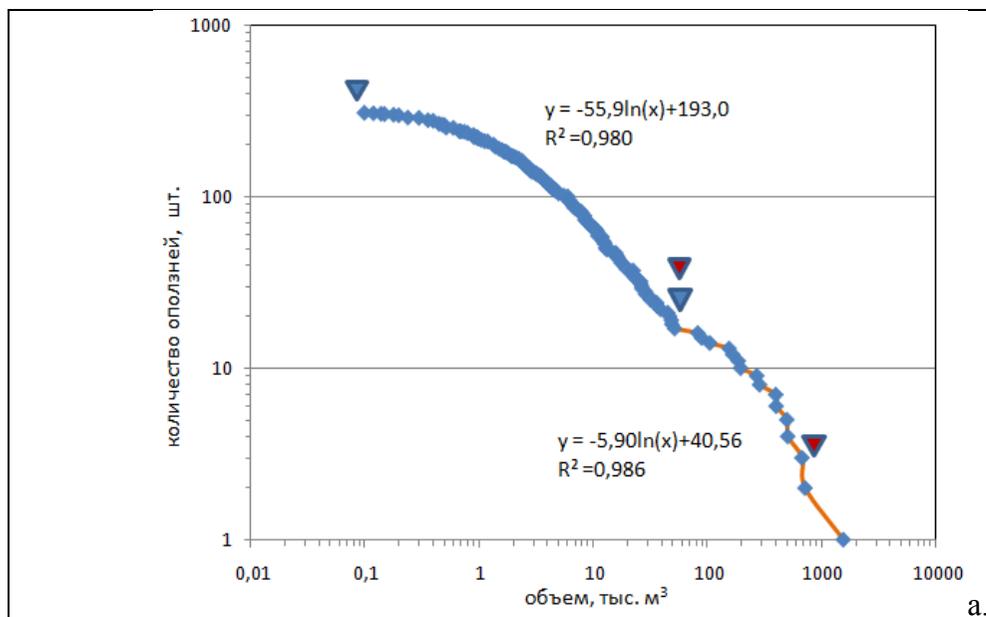


Рис. 4.25. Кумулятивные графики распределения проявлений оползневых процессов по их объему в г. Сочи и прилегающих территориях с аппроксимацией с использованием логарифмической функции (сост. О.В. Зеркалем).

а. для набора данных (с разбиением), характеризующих развитие оползней в 1979 г.

б. для набора данных (с разбиением), характеризующих развитие оползней в 1981 г.

в. для набора данных (с разбиением), характеризующих развитие оползней в 2018 г.

геологического времени их образования) может быть описана логарифмической функцией с достаточно высокими величинами достоверности аппроксимации.

3. Встречаемость проявления оползневых процессов на территории Российской Федерации (оценена на примере некоторых областей с активным развитием оползней) также описывается логарифмической функцией с достаточно высокой величиной достоверности аппроксимации независимо от того, характеризуют ли данные общую (накопленную) интенсивность развития оползневых явлений или представляют материалы, характеризующие активность развития оползневых процессов в фиксированный/заданный временной период их образования и активизации.

Исходя из результатов диссертационного исследования, изложенных в главе 4, может быть сформулировано следующие (3) **защищаемое положение:**

3. Распределение проявлений оползневых процессов по своей масштабности (общим объемам) на территории их развития/активизации описывается логарифмической функцией, коэффициенты которой варьируют в зависимости от особенностей инженерно-геологических условий, причем полихронность развития оползневых процессов осложняет получение количественных закономерностей.

ГЛАВА 5. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

5.1. Общие региональные закономерности развития современных сейсмогенных оползневых процессов на Земном шаре

В ходе диссертационного исследования автором был проведен сбор, анализ и обобщение данных о развитии сейсмогенных проявлений оползневых процессов (оползни, оползни-обвалы, каменные лавины) в эпицентральных зонах ощутимых и сильных землетрясений, произошедших преимущественно в период с 60^х г.г. XX в. по настоящее время. В анализируемые материалы вошли сведения о результатах количественной оценки проявлений оползневых процессов, произошедших при 87 ощутимых и сильных землетрясениях на территориях с общей площадью ~581 тыс. км² (Приложение 3). На рисунке 5.1 показана зависимость площади развития сейсмогенных оползней от магнитуды землетрясений (M_w), имеющая следующий вид в экспоненциальной форме (с достоверностью аппроксимации ($R^2=0,486$) и коэффициентом корреляции 0,697):

$$y = 0,148e^{1,364x}, \text{ где}$$

y – площадь территории развития сейсмогенных оползней при землетрясении, км²,

x – моментная магнитуда землетрясения (M_w), представляющая собой энергетическую оценку землетрясения, обусловленную смещением горных пород в сейсмическом очаге.

Пространственное распределение по территории Земного шара эпицентральных зон ощутимых и сильных землетрясений, сопровождавшихся массовым развитием оползней, показано на рисунке 4.1. Суммарно сейсмическое воздействие в эпицентральных зонах рассмотренных 87 землетрясений сопровождалось образованием ~539 тысяч оползней различных типов и объемов. На рисунке 5.2 показана изменчивость количества сейсмогенных оползней от величины магнитуды землетрясений (M_w). Из рисунка 5.2 видно, что с возрастанием магнитуды сейсмического толчка, в целом, до магнитуд 8,0, прослеживается рост количество сейсмогенных оползней, образующихся при сейсмическом воздействии. Вместе с тем, для землетрясений с магнитудами свыше 8,0 отмечается снижение количества оползней, образующихся при сейсмическом воздействии.

Анализ количественных региональных характеристик интенсивности развития сейсмогенных оползней - изменчивости пораженности оползневыми процессами территории

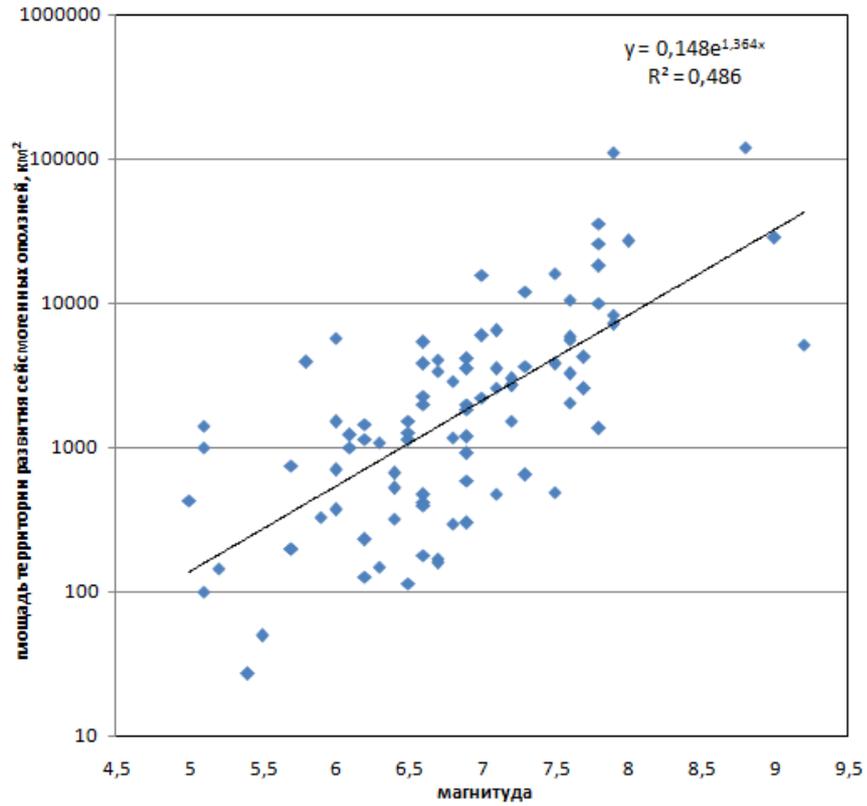


Рис. 5.1. Зависимость площади развития сейсмогенных оползней от магнитуды землетрясений (M_w).

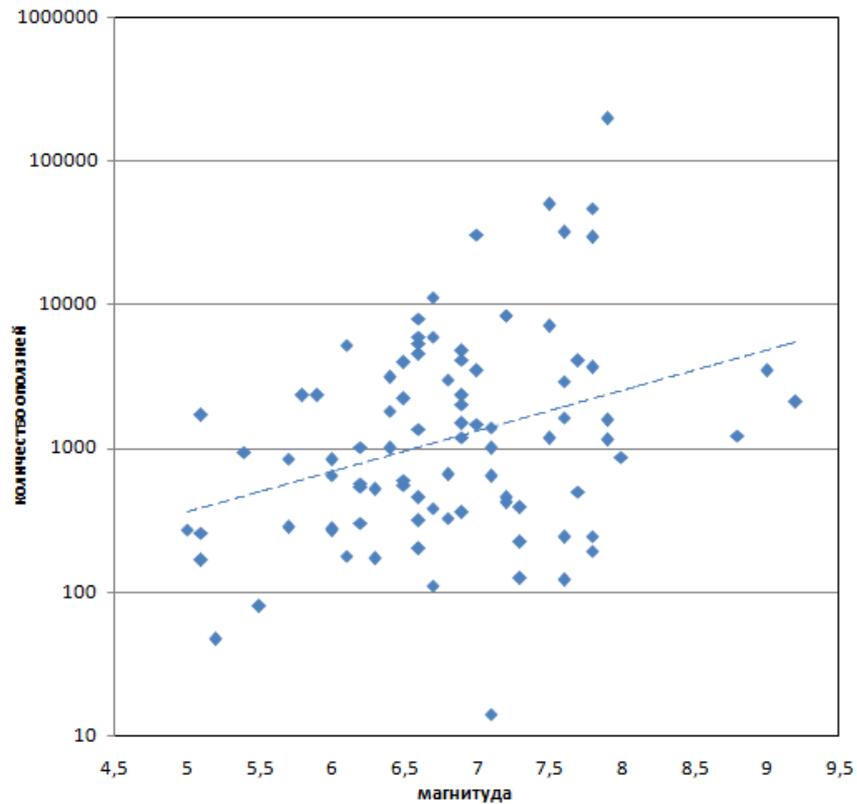


Рис. 5.2. Изменчивость количества сейсмогенных оползней в эпицентральных зонах землетрясений в зависимости от магнитуды (M_w).

$(P_L)^1$ в зависимости от магнитуды землетрясений (рис. 5.3) и влияния магнитуды (M_w) сейсмического толчка на изменчивость нормированной магнитуды интенсивности оползневых процессов $(M_L^{norm})^2$ (рис. 5.4) показал, что с увеличением значений магнитуд землетрясений отмечается снижение показателей, представляющих региональные характеристики интенсивности развития сейсмогенных оползней (P_L и M_L^{norm}). Из рисунков 5.3 и 5.4 видно, что на интенсивность развития оползней, образующихся при сейсмическом воздействии, также существенное влияние оказывает глубина очага землетрясения.

Большинство (>95% случаев) величин нормированных магнитуд интенсивности развития сейсмогенных оползневых процессов (M_L^{norm}), полученных для эпицентральных зон землетрясений с глубиной очага менее 20 км, располагается в диапазоне с границами (рис. 5.4):

верхняя

$$y = -0,388x + 5,689$$

нижняя

$$y = -0,388x + 3,946$$

где

y – нормированная магнитуда интенсивности оползневых процессов (M_L^{norm}),

x – моментная магнитуда землетрясения (M_w), представляющая собой энергетическую оценку землетрясения, обусловленную смещением горных пород в сейсмическом очаге.

При землетрясениях с глубиной очага свыше 20 км, большинство из которых имеют магнитуду 7,0 и выше, величины нормированных магнитуд интенсивности сейсмогенных оползневых процессов (M_L^{norm}) имеют более низкие значения в сравнении M_L^{norm} , полученными для эпицентральных зон землетрясений с глубиной очага менее 20 км при сопоставимых значениях магнитуд (M_w).

В эпицентральных зонах землетрясений с глубиной очага свыше 20 км величины нормированных магнитуд интенсивности сейсмогенных оползневых процессов (M_L^{norm}) располагаются в диапазоне с границами (рис. 5.4):

верхняя

$$y = -0,388x + 5,192$$

нижняя

$$y = -0,388x + 3,056$$

Изменчивость показателя пораженности сейсмогенными оползневыми процессами территории (P_L), образовавшимися в эпицентральных зонах землетрясений, отражают

¹ Пораженность оползневыми процессами, P_L - характеристика развития оползней, оцениваемая как отношение суммарной площади оползней s_{on} , выявленных на изучаемой территории, к ее площади S , выраженная в процентах, рассчитываемых для единицы площади (например, 1 км²)

$$P_L = \frac{s_{on}}{S} * 100, \%$$

² Нормированная магнитуда интенсивности оползневых процессов, M_L^{norm} – характеристика развития оползней, оцениваемая как десятичный логарифм усредненной интенсивности оползневых процессов, приведенной к площади 100 км², в пределах рассматриваемой территории, рассчитываемая по формуле

$$M_L^{norm} = \log_{10} \left(\frac{N}{\sqrt{S/100}} \right), \text{ где}$$

N - общее число оползней, выявленных на изучаемой территории с площадью S (км²).

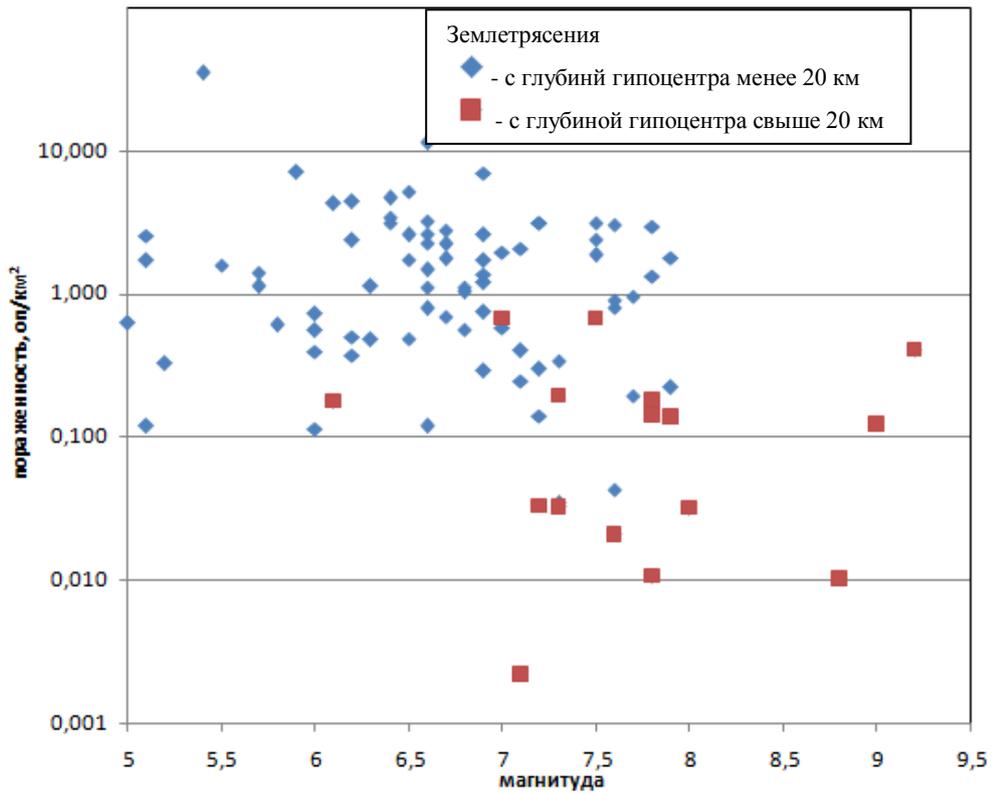


Рис. 5.3. Изменчивость пораженности оползневыми процессами в зависимости от магнитуды землетрясений (M_w).

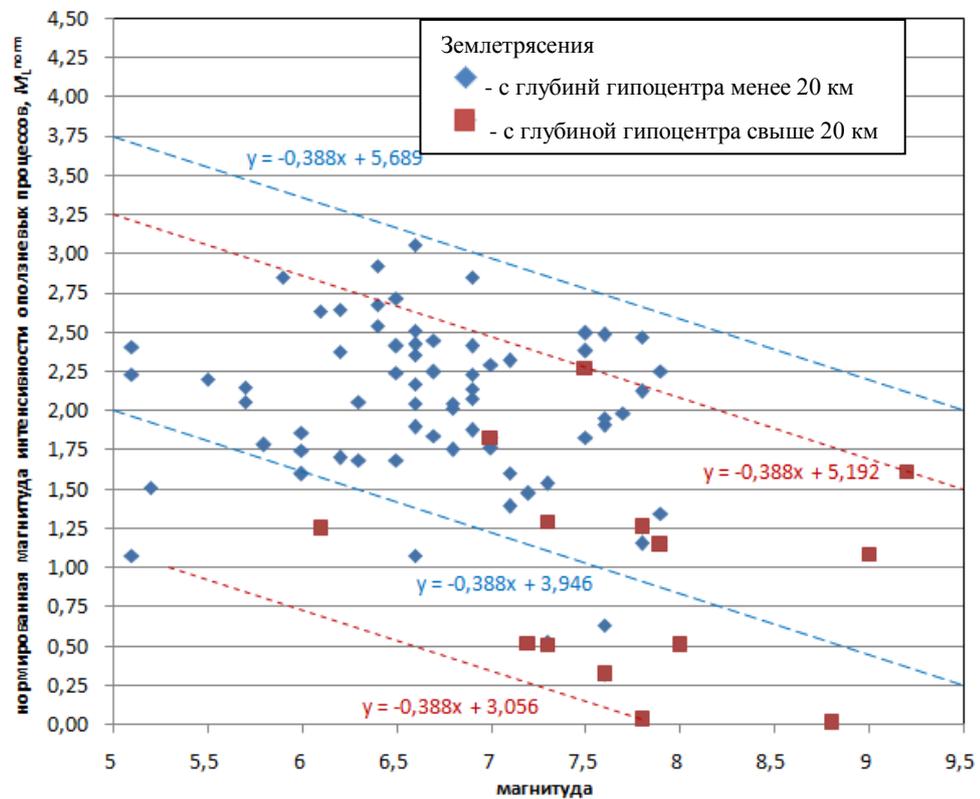


Рис. 5.4. Изменчивость величин нормированной магнитуды интенсивности оползневых процессов (M_L^{norm}) в зависимости от магнитуды землетрясений (M_w).

отмеченные тенденции, но проявлены менее четко (рис. 5.3).

Рассмотрение влияния механизма сейсмических деформаций в очаге землетрясения (сброс, взбросо-сдвиг, надвиг) также подтверждает выявленную тенденцию – снижение значений региональных характеристик интенсивности развития сейсмогенных оползней при росте магнитуды сейсмического события, которая отмечается независимо от механизма деформаций в очаге землетрясения (рис. 5.5).

5.2. Влияние эндогенных геологических процессов на развитие крупнейших проявлений оползневых процессов на Земном шаре

Геологические закономерности распространения современных эндогенных геологических процессов определяются общей глубинной геодинамикой Земли [325]. В настоящее время для объяснения закономерностей развития и распространения современных эндогенных геологических процессов, оказывающих также существенное влияние и на развитие природных экзогенных процессов, выдвинута целая серия гипотез и концепций [93, 291]:

- контракционная гипотеза (Э. Де Бомон (1852)), нашедшая свое развитие в концепции фиксизма (Э. Зюсс (1883)), господствовавшая вплоть до начала второй половины XX в. и послужившая, в свою очередь, основой для разработки одной из фундаментальных теорий геотектоники - теории геосинклиналей (Э. Ог (1900)), активно развиваемой до настоящего времени, и явившаяся базисом для теории гетерогенности литосферы [152];

- концепции мобилизма (А. Вегенер (1912)) и неомобилизма (вторая половина XX в.), давшие импульс дискуссиям о постоянстве или изменчивости размеров Земли (пульсационная гипотеза (А. Роплетц (1902)), геоэкспансионная концепция) и нашедшие на современном этапе свое развитие (начиная с 1980 г.) в виде теории тектонической расслоенности литосферы;

- ундационная гипотеза (Р.В. Беммелен (1933)), не получившая широкого распространения в связи с существенными возражениями к предположениям о внеземном происхождении сиалистической коры и объяснениям складчатости исключительно силами гравитации;

- плейт-тектоническая теория, берущая начало в идеях А. Вегенера и реализованная в виде концепции тектоники плит (классическая модель (1968), предполагающая разбиение литосферы на ограниченное число крупных и средних плит, не испытывающих внутренних деформаций), и концепции тектоники литосферных плит, играющей в настоящее время роль ведущей парадигмы теоретической тектоники;

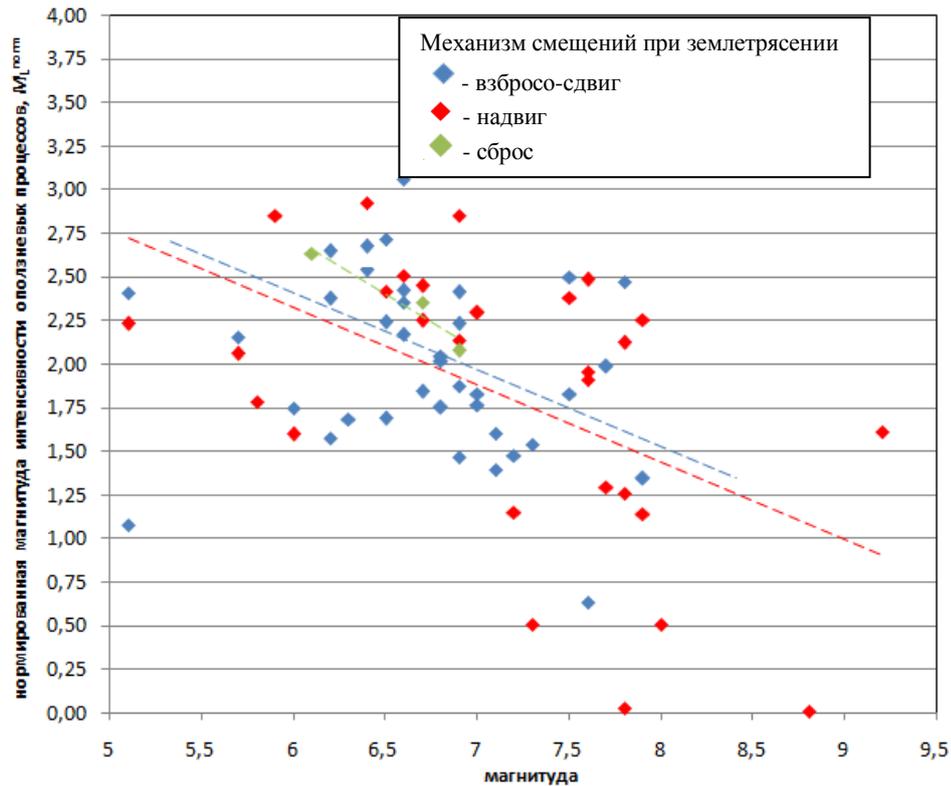


Рис. 5.5. Изменчивость величин нормированной магнитуды интенсивности оползневых процессов (M_L^{norm}) в зависимости от механизма очага землетрясения.

- ринг-тектоническая концепция, развивающая представления о кольцевых структурах;
- концепция плюм-тектоники, связывающие литосферные процессы с вертикальным переносом глубинного вещества [657].

В рамках настоящего диссертационного исследования в основу анализа роли эндогенных геологических процессов в развитии оползней, далее рассматриваемых в качестве "фактора среды" (компонента геологической среды), предопределяющего общие закономерности распространения современных оползневых процессов, положены воззрения концепции тектоники литосферных плит. В рамках концепции тектоники литосферных плит литосфера рассматривается как мозаика тесно примыкающих крупных, средних и небольших, относительно жестких блоков (плит, субплит, микроплит) в составе отдельных крупных образований - литосферных плит, активно взаимодействующих на новейшей стадии тектонического развития. При этом, один из главных постулатов плейт-тектоники определяет, что высвобождение тектонической энергии, в т.ч. в сейсмическом виде, происходит преимущественно в узких межплитных зонах при взаимодействии жестких блоков литосферы (рис. 5.6) [171]. Внешним проявлением этого взаимодействия является развитие современных тектонических процессов (тектонические движения, сейсмичность, газопирокластитовый (магматический) и газоводолитокластитовый ("грязевой") вулканизм), представляющих собой,

в свою очередь, существенный фактор (динамического характера) в составе комплекса компонентов геологической среды, предопределяющих геологические закономерности современного распространения и развития оползневых процессов [93].

В настоящее время, в рамках общих теоретических геотектонических представлении, в современной структуре верхней части литосферы выделяют два уровня [292, 324]:

- литосферный, для которого характерны горизонтальные перемещения по поверхности астеносферы, а вертикальные и сдвиговые смещения - по разломам, пересекающим жесткую литосферу;

- коровый, на котором перемещения происходят по поверхности Мохоровичича, а также разломам различной кинематики, пересекающим как верхнюю (хрупкую), так и нижнюю (более пластичную) кору.

Как в зарубежных, так и в отечественных публикациях нет единого мнения о количестве, размерах, границах основных плит-тектонических структур. В.Е.Хаин различал 7 литосферных плит I порядка (мегаплит), самостоятельность которых принимается большинством специалистов в области тектоники литосферных плит, но границы этих мегаплит не являются четкими повсеместно, 13 литосферных плит II порядка (мезоплит) и несколько литосферных плит III порядка (микроплит) [324]. П. Бёрд, используя модель RB2002, вычленяет 52 литосферные плиты [388]. Ю.Г. Гатинский с соавторами выделяют 7 главных литосферных плит (I порядка, по В.Е.Хаину), 5 более мелких литосферных плит и множество жестких тектонических блоков в ряде случаев, также определяемых как плиты [55]. Ч. ДеМетс, опираясь на модель MORVEL (Mid-Ocean Ridge VElocity), выделил 25 литосферных плит, а также 4 литосферных плиты, не учтенных моделью [466]. К. Кример с соавторами, используя геодезические (GPS-измерения перемещений), геологические и сейсмологические данные, провел моделирование глобальных напряжений (модель GSRM (Global Strain Rate Model)), первоначально учитывая в модели 25 литосферных плит (2004, версия 1.2), а в дальнейшем (2014, версия 2.1) увеличив число анализируемых литосферных плит (как жестких блоков литосферы) до 50 [607]. П. Вессель и Р.Д. Мюллер, обобщая имеющиеся представления, выделяют 24 литосферных плиты [873].

При расчленении литосферы на плиты различают несколько типов межплитных границ [292, 324]:

- дивергентные – границы, для которых характерен раздвиг, спрединг литосферных плит;
- конвергентные, субдукционные – границы, образующиеся в результате сближения литосферных плит и наклонного погружения, поддвига одной из них;
- трансформные - границы, для которых характерны сдвиг, скольжение, латеральное смещение одной литосферной плиты относительно другой;

- внутриплитные – границы, возникающие в результате тектонических деформаций, не выходящих за пределы литосферной плиты.

Вместе с тем, В.Е. Хаин указывал на неоднозначность строгой типизации межплитных границ, отмечая возможность развития различных типов смещений вдоль границ (субдукция со сдвигом, сдвиг с растяжением и т.д.).

Особой сложностью тектонических обстановок отличаются области, в пределах которых в результате субдукции произошло полное поглощение океанической коры и возникло столкновение, коллизия континентальных частей литосферных плит [325].

Следует указать, что с геодинамических позиций, по мнению В.Е. Хаина, Ю.Г. Гатинского, Д.В. Рунквиста, с учетом геологической истории развития зон взаимодействия плит и современной направленности процесса такого взаимодействия, ведущего либо к аккреции тектонических элементов, либо к их дроблению, сопровождающимся "торошением" краевых частей плит, пограничные зоны взаимодействия литосферных плит следует рассматривать не упрощенно, в виде узких и протяженных линейных тектонических зон (тектонических швов (по [292])), как это принято в геотектонических моделях [466], а необходимо интерпретировать как крупные региональные пояса сложного геологического строения – "диффузные границы плит" (по В.Е. Хаину) или "транзитные зоны" (по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту) [54, 56, 61, 873]. Одним из первых идея о глобальной роли диффузности, т.е. рассредоточенности современных границ некоторых плит в пределах широких поясов, была высказана Р. Гордоном [525].

При этом, протяженные зоны взаимодействия литосферных плит различного характера (конвергентного (коллизийного или субдукционного типа), дивергентного (рифтовые зоны), трансформного) представляют собой области концентрации проявлений экзогенных геологических процессов, на интенсивность которых эндогенная энергия влияет либо напрямую (сейсмичность, вулканизм), либо косвенно – в виде преобразования морфологического облика территории, сопровождающегося, с одной стороны, повышением потенциальной энергии рельефа, предопределяющей интенсивность развития, в первую очередь, гравитационных и эрозионных процессов, а, с другой стороны, формированием высотных поясов и секторности в распределении зонально-геологических факторов, оказывающих существенное воздействие на закономерности развития всего комплекса природных экзогенных геологических процессов.

Учитывая отсутствие общепринятого плейт-тектонического деления Земли, принимающего не только наличие жестких блоков (литосферных плит разного порядка), распространение не только линейных тектонических границ (тектонических швов), но и диффузных границ плит как крупных транзитных зон, в ходе диссертационного исследования автором для решения поставленных задач был проведен анализ и подготовлена «Схема

основных плейт-тектонических структур Земли» (рис. 5.6). Представленная «Схема ...» была подготовлена в ходе выполнения настоящего диссертационного исследования с использованием материалов В.Е.Хаина, Ю.Г. Гатинского с соавторами, П. Бёрда, Ч. ДеМетса, В.Г. Трифонова [54-56, 302, 324, 388, 466, 683] с уточнением положения границ плейт-тектонических структур, в т.ч. диффузных зон, по Глобальной цифровой модели рельефа ETOPO2 (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO2/>), дата обращения 31.07.2023) и сейсмологическим материалам из открытых баз данных Геофизической службы РАН (ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog) и ANSS Comprehensive Earthquake Catalog (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>).

На представленной «Схеме...» (рис. 5.6), по результатам проведенных обобщений опубликованных материалов, в качестве основных плейт-тектонических структур показано 7 литосферных плит I порядка (мегаплит), 16 литосферных плит II порядка (мезоплит) и 16 литосферных плит III порядка (микроплит), а также 15 "транзитных зон" (по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту), представляющих собой региональные пояса сложного геологического строения ("диффузные границы плит" (по В.Е. Хаину)).

Анализ пространственного соотношения основных плейт-тектонических структур Земли, в первую очередь, региональных поясов "транзитных зон" ("диффузные границы плит" (по В.Е. Хаину)), и расположения наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов (рис. 5.7) показал:

- в непосредственной близости (не далее, чем 200 км) от границ литосферных плит (кроме "диффузных границ плит"), располагается ~13% наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов;

- непосредственно в пределах региональных поясов "транзитных зон" ("диффузные границы плит") располагается более 56% наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов;

- в районах вулканических островов, вблизи воздействия «горячих точек» (гавайской, канарской и др.), представляющих собой области в пределах литосферных плит, находящихся над мантийной струей [325], находится более 13% наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов;

- в областях современных активных тектонических движений, обусловленных разрушением ледяных щитов последнего оледенения, располагается ~3% наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов.

Таким образом, в областях современного активного проявления эндогенных процессов располагается свыше 85% наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов.

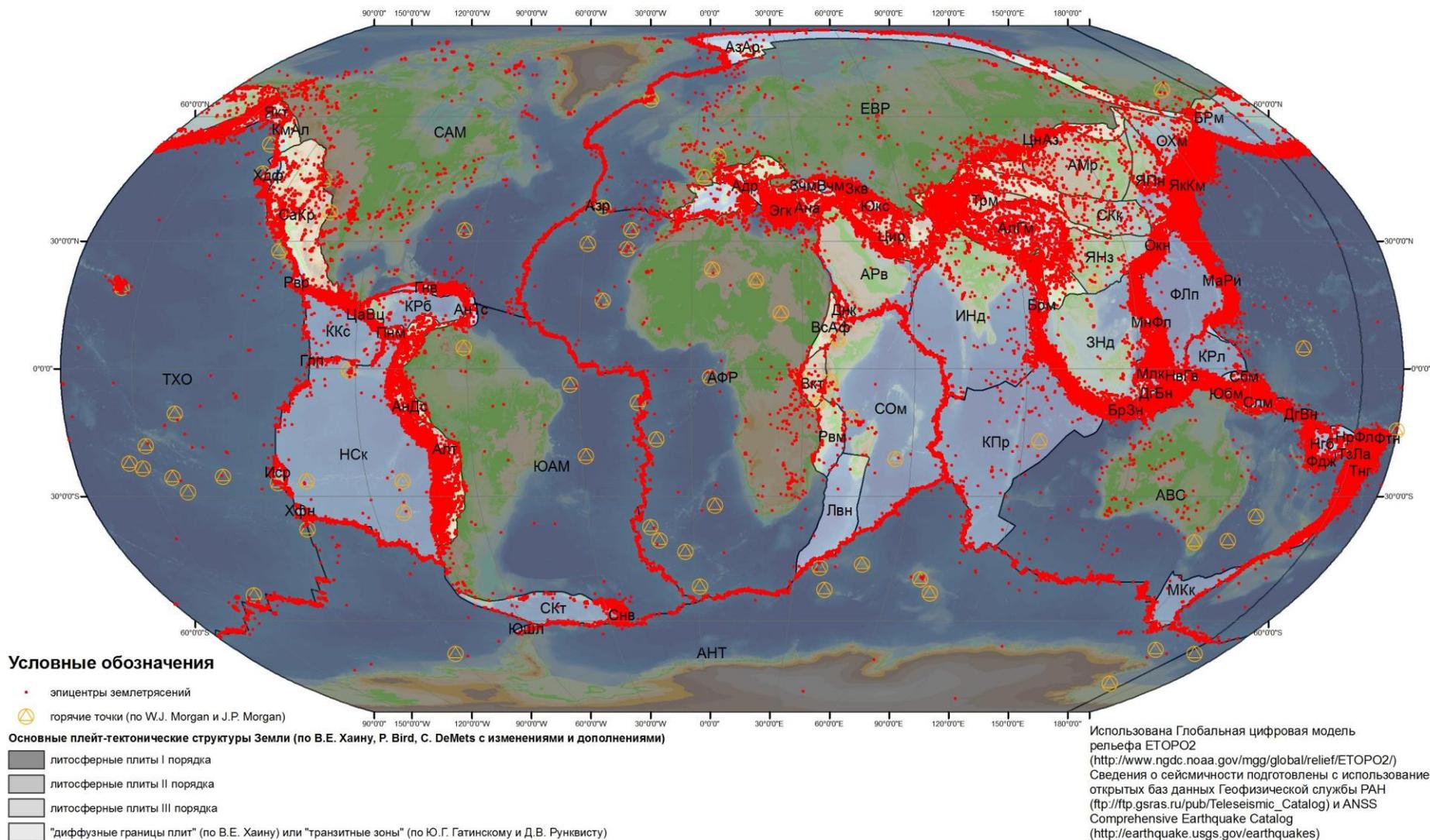


Рис. 5.6. Схема основных плейт-тектонических структур Земли (подготовлена О.В.Зеркалем с использованием материалов В.Е.Хаина, Ю.Г. Гатинского с соавторами, П. Бёрда, В. Моргана, Ч. ДеМетса, В.Г. Трифонова).

Буквенными индексами обозначены следующие основные плейт-тектонические структуры Земли (по В.Е. Хаину):

литосферные плиты I порядка: АВС – Австралийская, АНТ – Антарктическая, АФР – Африканская, ЕВР – Евразийская, САМ – Североамериканская, ТХО – Тихоокеанская, ЮАМ – Южноамериканская;

литосферные плиты II порядка: АМр – Амурская, АРв – Аравийская, БРм – Беринговоморская, ЗНд – Зондская, ИНд – Индийская, ККс – Кокос, КРб – Карибская, КРл – Каролинская, НСк – Наска, ОХм – Охотоморская, СКк – Северокитайско-Корейская, СКт – Скотия, СОм – Сомалийская, ФЛп – Филиппинская, ЯНз – Яндзы (Южнокитайская), ЯПн – Япономорская;

литосферные плиты III порядка: Глп – Голапагосская, Исл – Истер, Нгб – Новогибридская, Окн – Окинава, Пнм – Панамская, Рвр – Ривера, Сбм – Северобисмаркская, Слм – Соломонова, Снв – Сандвичева, Тнг – Тонга, Фдж – Фиджи, Фтн – Футуна, Хдф – Хуан-де-Фока, Хфн – Хуан-Фернандес, Юбм – Южнобисмаркская, Якт – Якутат;

"диффузные границы плит" (по В.Е. Хаину) или "транзитные зоны" (по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту): АзАр – Азиатско-Арктическая, АлГс – Альпийско-Гималайская, Андс – Андская (запада Южной Америки, по В.Г. Трифонову), БрЗн – Бирмано-Зондская, Всаф – Восточно-Африканская, ДгБн – дуги Банда, ДгВн – дуги Вануату, КмАл – Командорско-Алеутская, МаРи – Марианская, МнФл – Манило-Филиппинская, НвГв – Новогвинейская, НрФл – Норфолк, СаКр – Североамериканских Кордильер (запада Северной Америки, по В.Г. Трифонову), ТзЛа – Лау, ЦнАз – Центрально-Азиатская (Алтайско-Становая, по В.Г. Трифонову), ЯкКм – Японско-Курильско-Камчатская.

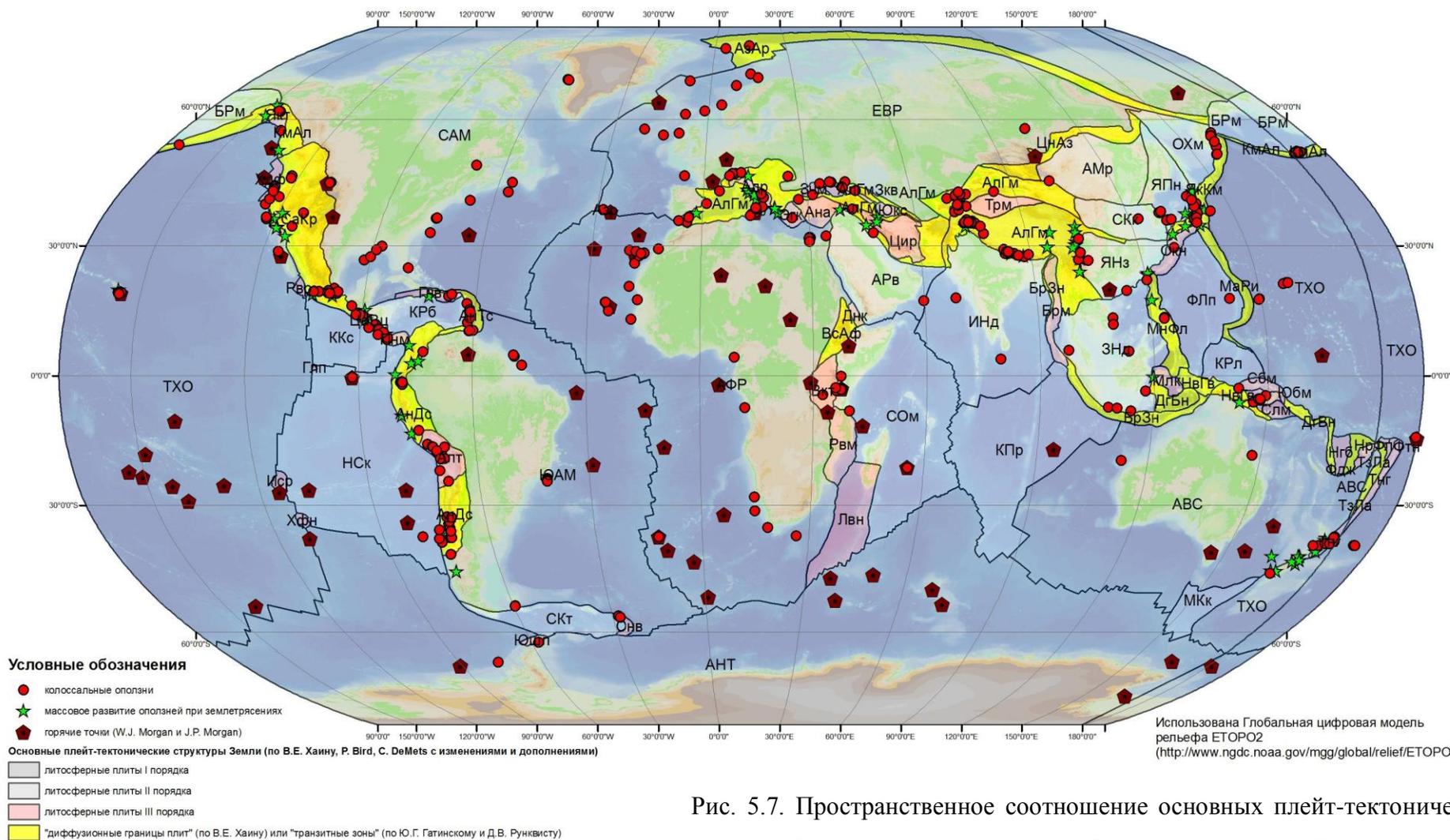


Рис. 5.7. Пространственное соотношение основных плит-тектонических структур Земли и расположения наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов и областей массового развития оползней при землетрясениях (сост. О.В. Зеркалем).

Помимо этого, свыше 90% областей массового развития оползней при землетрясениях также располагается либо непосредственно в пределах региональных поясов "транзитных зон", либо в непосредственной близости от границ литосферных плит (не далее, чем 200 км).

Таким образом, исходя из полученных результатов, может быть сделан вывод о том, что большая часть наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов, а также проявлений разномасштабных сейсмогенных оползней, располагается в областях интенсивного высвобождения эндогенной энергии.

5.3. Роль метеоклиматических воздействий в массовых активизациях оползневых процессов на Земном шаре

Значимость роли метеоклиматического фактора в формировании, развитии оползней отмечалась, начиная с первой половины XIX в., когда воздействие поверхностных и подземных вод рассматривалась в качестве ведущей причины оползнеобразования. В последнее время при изучении оползней существенность метеоклиматических воздействий на активность развития склоновых деформаций не отрицается, однако, внимание к учету роли метеоклиматического фактора в активизации оползневых процессов снизилось. Это хорошо видно из рисунка 1.5, представляющего анализируемые факторы, рассматриваемые при картографической оценке формирования оползней и их учет при изучении регионального развития оползней (по П. Рейчинбах [745]). Вместе с тем, отмеченная тенденция в изучении регионального развития оползней не является обоснованной.

В ходе диссертационного исследования автором был проведен сбор, анализ и обобщение данных о наиболее массовых активизациях оползневых процессов, произошедших на Земном шаре в результате интенсивных метеоклиматических воздействий в последние десятилетия (таблица 5.1). В анализируемые материалы вошли сведения о результатах изучения развития оползневых процессов в 14 регионах, произошедших в различных климатических условиях (в умеренных широтах, в засушливых, субтропических и тропических регионах) в результате аномального воздействия метеоклиматических факторов (продолжительные интенсивные осадки, интенсивные снеготаяние, прохождение ураганов, тайфунов, муссонов). Суммарно в результате аномального воздействия метеоклиматических факторов в рассмотренных регионах произошло образование более 86 тысяч оползней различных типов и объемов.

Анализ характеристик интенсивности развития оползней в результате аномального воздействия метеоклиматических факторов, приведенных в таблице 5.1, показал, что

Таблица 5.1.

Примеры массовой активизации оползней в результате воздействия метеоклиматических факторов

Регион	дата	Метеоклиматическое событие	Интенсивность осадков, мм	Площадь, охваченная активизацией оползней, км ²	Кол-во оползней	Магнитуда интенсивности оползневых процессов (M_L)	Нормированная магнитуда интенсивности оползневых процессов (M_L^{norm})	Пораженность оползневыми процессами, P_L , оп/км ²	Источник
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Регионы с умеренным климатом									
Умбрия, Италия	Январь 1997 г.	интенсивное снеготаяние		~2000	4233	3,63	2,33	2,12	[645]
Северный Кавказ, Россия	20-24.06.2002	интенсивные осадки	188-297	81640	467	2,67	-0,24	0,01	настоящие исследования
Северная часть провинции Шэньси, Китай	июль 2013	интенсивные осадки	577	37000	8135	3,91	1,34	0,22	[861]
Италия	15.09.2022	интенсивные осадки	419	5000	1687	3,23	1,53	0,34	[473]
Регионы с засушливым климатом									
Колорадо, США	09-13.09.2013	продолжительные осадки	75	3430	1238	3,09	1,56	0,36	[769]

продолжение таблицы 5.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Регионы с субтропическим и тропическим климатом									
Гватемала	29.10-03.11.1998	Ураган Митч	до 1900	~10000	9594	3,98	1,98	0,96	[645] с дополнениями
Чуун, Микронезия	02.07.2002	Тайфун Чатаан	1426,2	121,5	273	2,44	2,35	2,25	[546] с дополнениями
Южный Тайвань	15-18.07.2008	Тайфун Калмаэги	517,1		429	2,63			[417, 650]
Тайвань	06-09.08.2008	Тайфун Моракот	1114		10236	4,01			[650]
полуостров Кии, Япония	02-05.09.2011	Тайфун Талас	284,5		1901	3,28			
Сальвадор	07-08.11.2009	Ураган Айда	350	287	5609	3,75	3,29	19,54	[669]
Доминикана	18-22.09.2017	Ураган Мария		49670	21379	4,33	1,64	0,44	[482] с дополнениями
Провинция Хиросима, Япония	28.06-09.07.2018	продолжительные интенсивные осадки	488,2	~8480	9275	3,97	2,04	1,09	[482] с дополнениями
Западный Гатц, Индия	01.06-21.08.2018	муссон	2387	~80000	6970	3,84	0,94	0,09	[653] с дополнениями
Итогон, Филиппины	15-20.09.2018	Циклон Мангхут	179,3	~450	458	2,66	2,01	1,02	[482]
Западный Гатц, Индия	Июль 2021	муссон	1249	~80000	5012	3,70	0,80	0,06	[586]

наибольшая активизация оползневых процессов характерна для областей воздействия тропических ураганов и тайфунов, при которых одновременно могут происходить склоновые деформации на десятках тысяч участках. Таким образом, можно отметить, что влияние аномального воздействия метеоклиматических факторов на активизацию оползневых процессов сопоставимо, хотя и несколько ниже, с влиянием сейсмичности как эндогенных фактора оползнеобразования. Вместе с тем, совместное действие сейсмичности как эндогенных фактора оползнеобразования и метеоклиматических воздействий приводит к формированию кумулятивного эффекта. Примером проявления кумулятивного эффекта совместного воздействия эндогенного (сейсмичность) и метеоклиматического факторов на оползнеобразование является развитие оползней в эпицентральной зоне землетрясения Ибури (Хоккайдо, Япония), который оказался в зоне влияния тайфуна Джеби, что сопровождалось выпадением на следующий день после землетрясения 300 мм осадков. Сравнительный анализ развития оползней в эпицентральной зоне землетрясения Ибури с влиянием на активизацию оползней близкого по магнитуде землетрясения Авей (Иран), также произошедшего в среднегорной области, показал, что при сопоставимых площадях территорий, затронутых оползнеобразованием, общее количество участков развития склоновых деформаций на порядок меньше (таблица 5.2).

Таблица 5.2.

Проявление кумулятивного эффекта при совместном воздействии эндогенного (сейсмичность) и метеоклиматического факторов на оползнеобразование

	Эпицентральной зона землетрясения Авей (Иран)	Эпицентральной зона землетрясения Ибури (Хоккайдо, Япония)
Дата	22.06.2002	06.09.2018
Магнитуда (M_w)	6,5	6,6
Среднегодовое количество осадков в регионе	210-460 mm	800-1200 mm
Выпадение осадков после землетрясения	нет	300 мм спустя 1 день (тайфун Джеби)
Площадь, охваченная активизацией оползней, км ²	3600	2266,5
Количество оползней	550	5977
Источник	[644]	[413]

5.4. Выводы по главе 5.

Основные научные результаты диссертационного исследования, представленные в главе 5, состоят в следующем:

1. Максимальная интенсивность формирования крупнейших проявлений оползневых процессов на Земном шаре была более характерна для эпох межледниковья. В холодные эпохи происходило образование крупнейших проявлений оползневых процессов преимущественно в регионах интенсивной вулканической активности с захватом склонов высоких вулканических построек.

2. Суммарно сейсмическое воздействие в эпицентральных зонах 87 землетрясений, произошедших преимущественно в период с 60^x г.г. XX в. по настоящее время, сопровождалось образованием ~539 тысяч оползней различных типов и объемов на территориях с общей площадью ~581 тыс. км².

3. Зависимость площади развития сейсмогенных оползней от магнитуды землетрясений (M_w), имеет экспоненциальную форму (с коэффициентом корреляции 0,69).

4. С увеличением значений магнитуд землетрясений отмечается снижение показателей, представляющих региональные характеристики интенсивности развития сейсмогенных оползней в эпицентральных зонах ощутимых и сильных землетрясений.

5. Отличительной особенностью пространственного распределения наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов на Земном шаре и областей массового развития оползней при землетрясениях является их приуроченность к областям с активным проявлением эндогенных геологических процессов – тектоническим границам литосферных плит, "транзитным зонам" ("диффузным границам тектонических плит" (по В.Е. Хаину)), "горячим точкам", областям современных активных тектонических движений, обусловленных разрушением ледяных щитов последнего оледенения. В пределах областей с активным проявлением эндогенных геологических процессов располагается свыше 85% наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов, а также свыше 90% областей массового развития оползней при землетрясениях.

6. Влияние метеоклиматических воздействий является существенным фактором, определяющим оползнеобразование, и его недоучет является необоснованным.

7. Совместное действие сейсмичности как эндогенного фактора оползнеобразования и метеоклиматических воздействий приводит к формированию кумулятивного эффекта, сопровождаясь увеличением количества формирующихся оползней на порядок.

Исходя из результатов диссертационного исследования, изложенных в главе 5, может быть сформулировано следующие (4) **защищаемое положение:**

4. Регионы с наиболее высокой интенсивностью оползневых процессов (по масштабности, разнообразию типов) на современном этапе геологического развития тяготеют к "диффузным границам тектонических плит", а также к областям внутриплитного высвобождения эндогенной энергии. Совместное действие эндогенных факторов оползнеобразования и метеоклиматических воздействий приводит к формированию кумулятивного эффекта при активизации оползней.

ГЛАВА 6. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ И ДРУГИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Оползни на территории Российской Федерации развиты неравномерно. Ежегодно на территории страны фиксируется активное развитие от менее 1 тыс. до свыше 2,6 тыс. оползней, а также образуется от нескольких десятков до 300 новых оползней (рис. 6.1) [899]. В отдельных регионах (Черноморское побережье Кавказа, Южный берег Крымского полуострова) склоновые деформации широко представлены, занимая до 60% территории, и их анализ и оценка их активности зачастую требует постоянного учета при планировании техногенной деятельности. Вместе с тем, для других регионов оползни являются редкими, "экзотическими" явлениями.

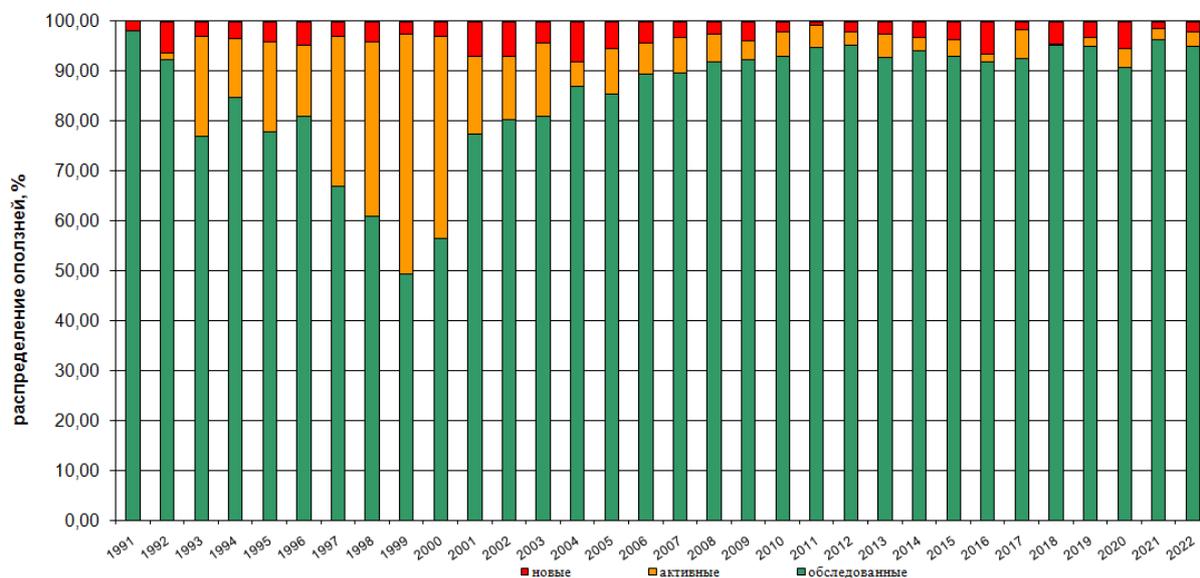


Рис. 6.1. Общая активность оползней на территории Российской Федерации (приведено по [899] с добавлениями), составлено с использованием данных, представленных в Информационных бюллетенях о состоянии недр на территории Российской Федерации (1992-2004, 2005-2023) [130, 926, 927] и в Докладах «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов...» на территориях субъектов Российской Федерации за различные годы)).

Распространение оползней и других склоновых процессов на территории Российской Федерации показаны на рисунке 6.2.

Распространение, активность оползней и других склоновых деформаций, преобладание тех или иных их типов зависит от комплекса природных условий. Территория Российской Федерации характеризуется значительным разнообразием природных условий:

- геологических - от практически асейсмических, стабильных архей-протерозойских

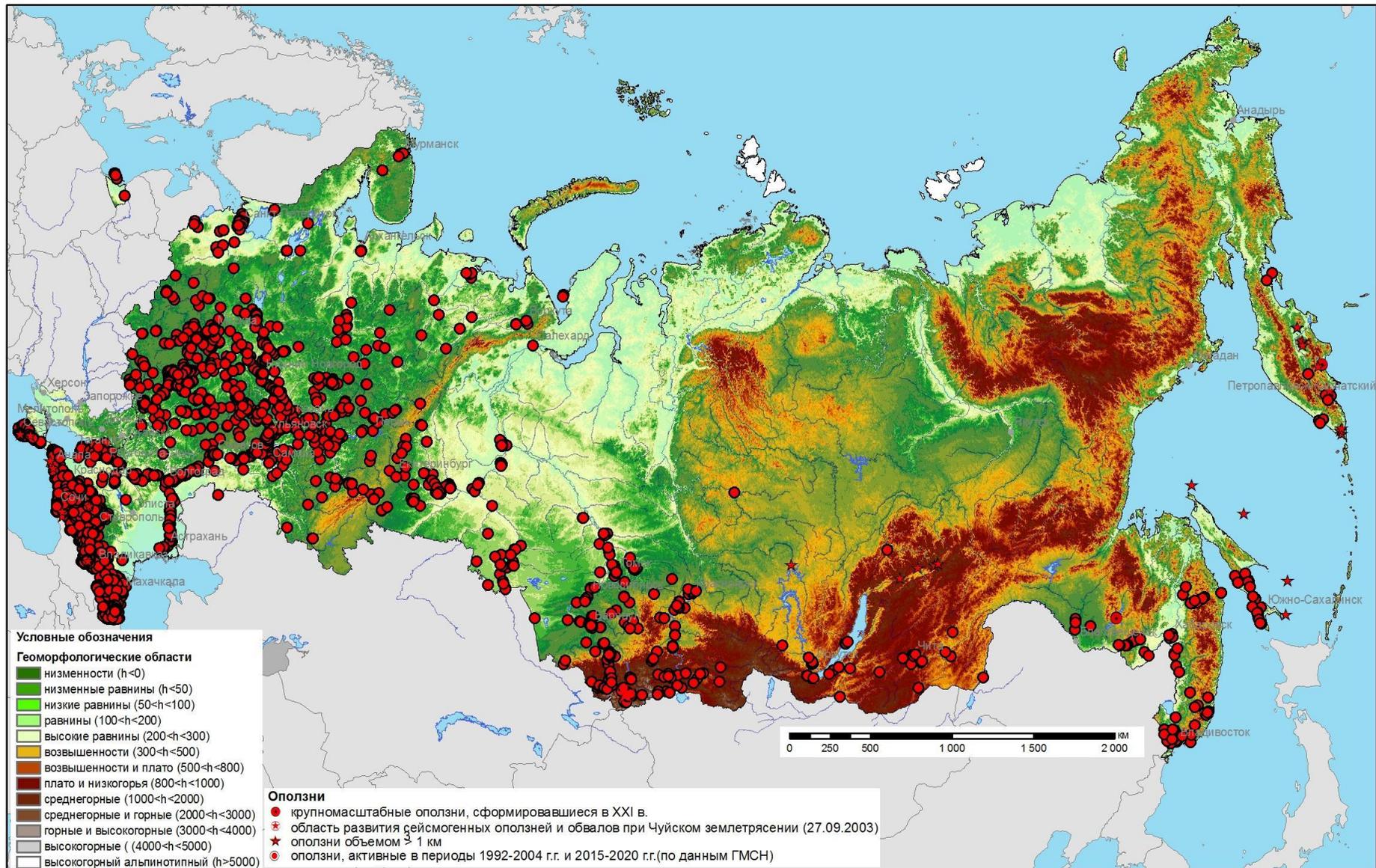


Рис. 6.2. Развитие оползней и других склоновых процессов на территории Российской Федерации (с 1992 г.).

(составлено с использованием данных ГМСН [130, 926, 927]) (сост. О.В. Зеркалем).

щитов и древних платформ до современных субдукционных и коллизионных зон, зон современного растяжения (континентального рифтообразования), характеризующихся высокой сейсмической активностью;

- орографических - от низин, расположенных ниже отметок современного уровня моря (Прикаспийская низменность - абсолютные отметки до -28 м) до горных систем с альпинотипным рельефом с высотами свыше 5000 м, а также активными вулканическими цепями;

- климатических, варьирующих от арктических пустынь до субтропиков.

Также для некоторых регионов Российской Федерации значительное влияние на активность современных оползней оказывает история геологического развития в неоген-четвертичное время.

6.1. Региональные геологические закономерности распространения и развития оползневых процессов на территории Российской Федерации

Изучение закономерностей распространения и пространственного изменения в развитии современных оползневых процессов является одной из задач инженерной геодинамики, так как без понимания этих закономерностей невозможно осуществлять достоверную оценку и прогноз оползневой опасности при обосновании и сопровождении безопасного освоения территорий. В основе исследования закономерностей распространения и изменчивости развития гравитационных склоновых процессов лежит изучение причинно-следственных связей между факторами, предопределяющими развитие тех или иных деформаций склонов и их интенсивность, и факторами, оказывающими влияние на активность и масштабность проявлений этих процессов. Наблюдаемые особенности современного пространственного распространения оползневых и других гравитационных склоновых процессов предопределяются комплексом геологических закономерностей - "факторами среды" (региональными геологическими факторами) и медленно изменяющимися факторами, сложившимися под влиянием, в первую очередь, эндогенной геодинамики.

Геологические, структурно-тектонические условия. Несмотря на то, что в настоящее время нет единого мнения о количестве, размерах, границах главных плейт-тектонических структур, данные, накопленные в последние десятилетия, позволяют проводить в пределах территории России и ее континентального шельфа выделение основных элементов плейт-тектонических структур и зон их взаимодействия (рис. 6.3 и 6.4). В пределах территории Российской Федерации, наиболее крупными (глобальными) элементами плейт-тектонической структуры являются [54-56, 121, 143, 292, 324]:

- Евразийская (Северо-Евразийская, по Ю.Г. Гатинскому) и Северо-Американская литосферные плиты I порядка (по В.Е. Хаину);

- Амурская, Беринговоморская, Охотская (Охотоморская, по Ю.Г. Гатинскому), Япономорская (Японско-Корейский блок, по Ю.Г. Гатинскому) литосферные плиты II порядка (по В.Е. Хаину) или малые литосферные плиты (по [292]);

- Азиатско-Арктическая, Альпийско-Гималайская (Альпийско-Иранская, по Ю.Г. Гатинскому), Командорско-Алеутская, Центрально-Азиатская (Восточно-Азиатская, по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту, или Алтайско-Становая, по В.Г. Трифонову), Японско-Курильско-Камчатская "транзитные зоны" (Северо-Тихоокеанская, по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту) или " диффузные границы плит" (по В.Е. Хаину).

В ряде работ Японская малая литосферная плита и Амурская плита объединяются в Амурскую литосферную плиту [35, 283, 388, 466, 718].

Следует отметить, что, в свою очередь, Евразийская (Северо-Евразийская, по Ю.Г. Гатинскому) литосферная плита не является «жестким» тектоническим образованием и представляет собой конгломерат субплит или стабильных геоблоков. В составе Евразийской литосферной плиты, выделяют Европейскую (Восточно-Европейскую, по М.Л. Коппу), Сибирскую коровые плиты [54, 143, 292]. Также выделяется Алтае-Саянская коровая плита, которая Тектоническим кодексом включается в состав Евразийской литосферной плиты [292]. Однако, учитывая значительную сейсмичность, характерную для этой плейт-тектонической структуры, более обоснованной точкой зрения представляются воззрения Ю.Г. Гатинского и М.Л. Коппа, относящие Алтае-Саянскую структуру к Центрально-Азиатской (Восточно-Азиатской, по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту, или Алтайско- Становой, по В.Г. Трифонову) "транзитной зоне" [54, 143]. Следует также отметить, что в ряде работ Сибирская коровая плита разделяется на Западно-Сибирско-Туранскую и Восточно-Сибирскую субплиты [54, 143].

В составе Восточно-Европейской субплиты, отделенной от Западно-Европейской субплиты Трансевропейским правосвиговой зоной (по М.Л. Коппу), трассируемой вдоль линии Торнквиста, в свою очередь, выделяют менее крупные внутриплитные плейт-тектонической структуры - Мезенско-Скифско-Туранскую плиту и блок кряжа Карпинского, а в северной части - Тимано-Печерскую, Свальбардскую, Кольскую, Новоземельско-Карскую плиты [143, 222]. В качестве восточной границы Европейской (Восточно-Европейской, по М.Л. Коппу) коровой плиты, участка ее взаимодействия с Западно-Сибирско-Туранской субплитой, рассматривается зона Урало-Герирудского (по Ю.Г. Леонову) или Урало-Систанского (по М.Л. Коппу) линеамента [143, 176]. В составе Восточно-Сибирской субплиты рядом исследователей обособливаются Верхоянский и Енисейско-Хатангский блоки.

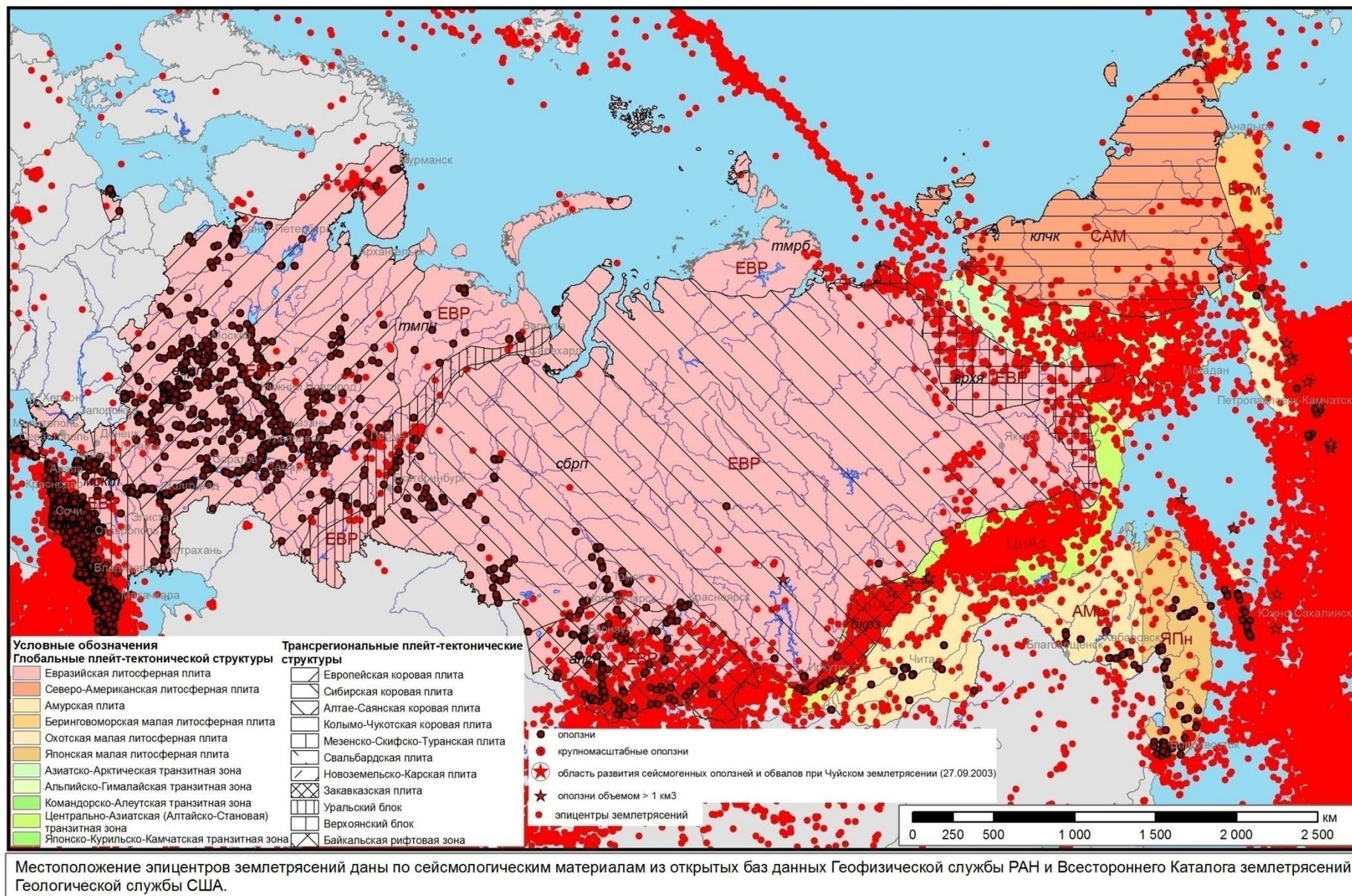


Рис. 6.3. Современные плейт-тектонические структуры северной Евразии. Приведено по [93] с изменениями (сост. О.В. Зеркалем).

Буквенными индексами обозначены:

I. Основные (глобальные) плейт-тектонические структуры (по В.Е. Хаину):

литосферные плиты I порядка: ЕВР – Евразийская, САМ – Североамериканская;

литосферные плиты II порядка: АМр – Амурская, БРм – Беринговоморская, ОХм – Охотская (Охотоморская), ЯПн – Япономорская;

"диффузные границы плит" (по В.Е. Хаину) или "транзитные зоны" (по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту): АЗАр – Азиатско-Арктическая, АлГс – Альпийско-Гималайская, КмАл – Командорско-Алеутская, ЦнАз – Центрально-Азиатская (Алтайско-Становая, по В.Г. Трифонову), ЯкКм – Японско-Курильско-Камчатская.

II. Трансрегиональные плейт-тектонические структуры:

алси - Алтае-Саянская коровая плита

еврп - Европейская коровая плита

зквк - Закавказская плита

клчк - Колымо-Чукотская коровая плита

мскт - Мезенско-Скифско-Туранская коровая плита

сбрп - Сибирская коровая плита

зстр - Западно-Сибирско-Туранская субплита

свбр - Свальбардская плита

нзкр - Новоземельско-Карская плита

врхя - Верхоянский блок

урбл - Уральский блок

бкрз - Байкальская рифтовая зона

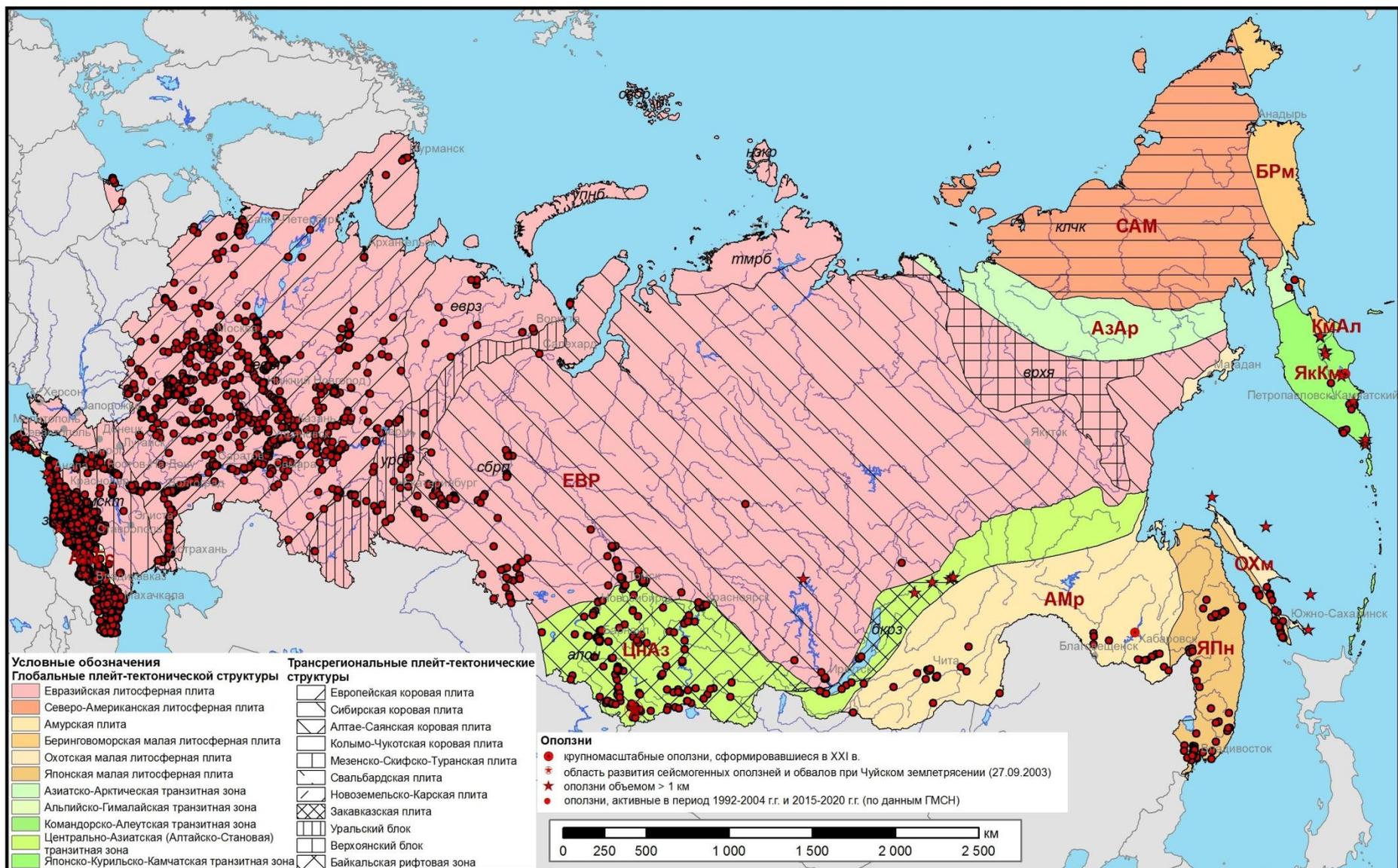


Рис. 6.4. Современная активность оползней в пределах плейт-тектонических структур северной Евразии (буквенные индексы – см. рис. 6.3) (сост. О.В. Зеркалем).

В пределах Северо-Американской литосферной плиты на территории Российской Федерации выделяют Колымо-Чукотскую коровую плиту [292].

Западной и северной тектоническими границами Евразийской литосферной плиты, занимающей большую часть рассматриваемой территории, являются океанические зоны спрединга (Азорско-Исландский, Северо-Атлантический, Арктический сегменты системы срединно-океанических хребтов), отделяющие ее от Северо-Американской литосферной плиты (рис. 5.6). Северо-восточной границей Евразийской литосферной плиты является Азиатско-Арктическая транзитная зона, представляющая собой сложноорганизованную (в виде чередования систем грабенообразных впадин рифтовой природы и зон сжатия) зону взаимодействия Евразийской и Северо-Американской литосферных плит, развивающаяся в континентальных условиях. Восточно-Европейский сектор южного обрамления Евразийской литосферной плиты составляют Восточно-Черноморская, Закавказская, Восточно-Кавказская и Южно-Каспийская микроплиты, входящие в состав Альпийско-Иранской транзитной зоны (по Ю.Г. Гатинскому), представляющей собой область взаимодействия Евразийской и Аравийской литосферных плит [54, 55].

Центрально-Азиатский сектор южного обрамления Евразийской литосферной плиты формируется восточным продолжением Альпийско-Гималайской транзитной зоны (по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту - Центрально-Азиатской зоной), рассматриваемой В.Е. Хаиным в качестве "диффузной границы плиты" (рис. 5.6). В пределах территории Российской Федерации в южной части Евразийской литосферной плиты (на отрезке между 78°-101° с.ш.) выделяется Алтае-Саянская коровая плита (рис. 6.3) [73, 292]. Л.П. Зоненштайн и Ю.Г. Гатинский относят эту тектоническую структуру, формируемую, по их мнению, серией тектонических блоков, к Центрально-Азиатской транзитной зоне, являющейся областью взаимодействия Евразийской и Индийской литосферных плит [54, 55, 121].

С юго-востока Евразийская литосферная плита граничит с Амурской и Охотской (Охотоморской, по Л.П. Зоненштайну) литосферными плитами II порядка (по В.Е. Хаину), ограниченными с востока Японско-Курильско-Камчатской (Восточно-Азиатской, по Ю.Г. Гатинскому) транзитной зоной - областью взаимодействия между Охотской и Тихоокеанской, а южнее - Япономорской (Японско-Корейский блок, по Ю.Г. Гатинскому) и Тихоокеанской литосферными плитами.

На всем своем протяжении границ плейт-тектонических структур (Евразийской, Северо-Американской, Амурской литосферных плит, Охотской, Берингоморской малых литосферных плит) характеризуются повышенной сейсмичностью и развитием зон сгущения активных тектонических нарушений различных иерархических порядков (см. рис. 6.3). Зоны рассеянной сейсмичности также типичны для краевых частей коровых плит, а также

центральным частям Амурской литосферной плиты и Охотской малой литосферной плиты, имеющих гетерогенную структуру. К зоне субдукции Тихоокеанской литосферной плиты под Охотскую (Охотоморскую) и Берингоморскую малые литосферные плиты приурочен Японско-Курильско-Камчатский пояс активного газолавопирокластитового (магматического) вулканизма. Области проявления газоводолитокластитового ("грязевого") вулканизма тяготеют к двум регионам: Керченско-Таманской зоне взаимодействия Евразийской литосферной плиты с Восточно-Черноморской микроплитой и Сахалинской зоне взаимодействия Амурской и Охотской плит. Очаги голоценового вулканизма на территории Российской Федерации также характерны для Альпийско-Гималайской¹ и Центрально-Азиатской² транзитных зон [217].

Геоморфологические условия. Неотектонические движения и современный облик рельефа территорий (орографические формы - морфоструктуры, характеризующиеся различной степенью и характером расчленения поверхности) являются взаимосвязанными факторами, оказывающими влияние на закономерности распространения и развития современных оползневых процессов. Безусловно, несмотря на определенную пространственную общность, контролирующая роль в формировании региональных геоморфологических условий принадлежит неотектоническим движениям, определяющим основные черты геоморфологического облика территории, а наряду с эрозией – интенсивность и глубину ее расчленения (как следствие – высоту и крутизну склонов), предопределяя состав и строение четвертичных отложений, а также обуславливая выход на поверхность более древних, как правило, литифицированных или метаморфизованных горных пород, определяя степень их обнаженности. Различная направленность, контрастность, интенсивность неотектонических движений находит свое отражение в сформированных региональных морфоструктурах – горных системах различной высотности и расчлененности, равнин, в т.ч. возвышенных, и низменностей, в пределах которых условия и закономерности распространения и развития оползневых процессов существенно различаются.

На территории Российской Федерации располагается (полностью или частично) несколько крупных горных систем (рис. 6.5) [54, 66, 93, 324, 899]:

I. Высокогорные, характеризующиеся высокой сейсмичностью:

- Кавказская горная система (максимальные отметки - г. Эльбрус, 5642 м), формирующаяся в результате процессов коллизии на южном обрамлении Восточно-Европейского сектора Евразийской литосферной плиты, входящего в состав Альпийско-Гималайской складчатой (транзитной, по Ю.Г. Гатинскому) зоны на участке взаимодействия

¹ Наиболее позднее извержение в пределах Эльбрусского вулканического центра датируется 990±60 лет назад [217].

²) Наиболее позднее извержение в Восточно-Тувинском ареале с образованием лавовой реки Жом-Болок датируется не позднее 1 тыс. лет назад [217].

Евразийской и Аравийской литосферных плит;

- Алтайская горная система (максимальные отметки - г. Белуха, 4509 м), входящая в состав Центрально-Азиатской складчатой (транзитной, по Ю.Г. Гатинскому) зоны (Алтае-Саянской коровой плиты (по Г.С. Гусеву), представляющую собой северную часть области современного тектонического взаимодействия Центрально-Азиатского сектора южного обрамления Евразийской литосферной плиты с Индийской литосферной плитой);

- вулканическая цепь Камчатки и Курильских островов (максимальные отметки - вулкан Ключевская сопка, 4835 м (с момента последнего извержения), формирующаяся в результате процессов субдукции Тихоокеанской литосферной плиты под Охотскую малую литосферную плиту.

II. Среднегорные:

- Саянская горная система (общее название для двух горных систем на юге Сибири (Западный Саян (протяжённостью 650 км, максимальные отметки - 3121 м) и Восточный Саян (протяжённостью до 1000 км, максимальные отметки - 3491 м)), располагающаяся восточнее Алтая и также входящая в состав Центрально-Азиатской складчатой (транзитной, по Ю.Г. Гатинскому) зоны), представляющего собой северную часть области современного тектонического взаимодействия блоков Центрально-Азиатского сектора южного обрамления Евразийской литосферной плиты;

- Верхояно-Чукотская горно-складчатая область, включающая Верхоянскую горную систему (протяжённость около 1200 км при ширине до 250 км, максимальные отметки - 2389 м) и горная система хребта Черского (протяжённость порядка 1500 км, максимальные отметки - 3003 м), и сформировавшаяся в области тектонического взаимодействия Евразийской и Северо-Американской литосферных плит, характеризующаяся относительно высокой сейсмичностью;

- горная система Станового хребта (протяжённость более 700 км при ширине до 180 км, максимальные отметки - до 3000 м), представляющая собой высоко сейсмическую область тектонического взаимодействия Евразийской литосферной плиты (Восточно-Сибирский сектор) с Амурской плитой;

- Байкальская горная система (горные хребты, окаймляющие озеро Байкал и соседние котловины, вытянутые субпараллельно озеру) с максимальными высотами от 1182 м до 2572 м западнее озера и до 2840 м - восточнее, сформировавшаяся в пределах зоны современного континентального рифтогенеза и характеризующаяся высокой сейсмичностью;

- горная система Приамурья (протяжённость порядка 400 км, максимальные отметки - 2167 м), представляющая собой область взаимодействия тектонических блоков в составе

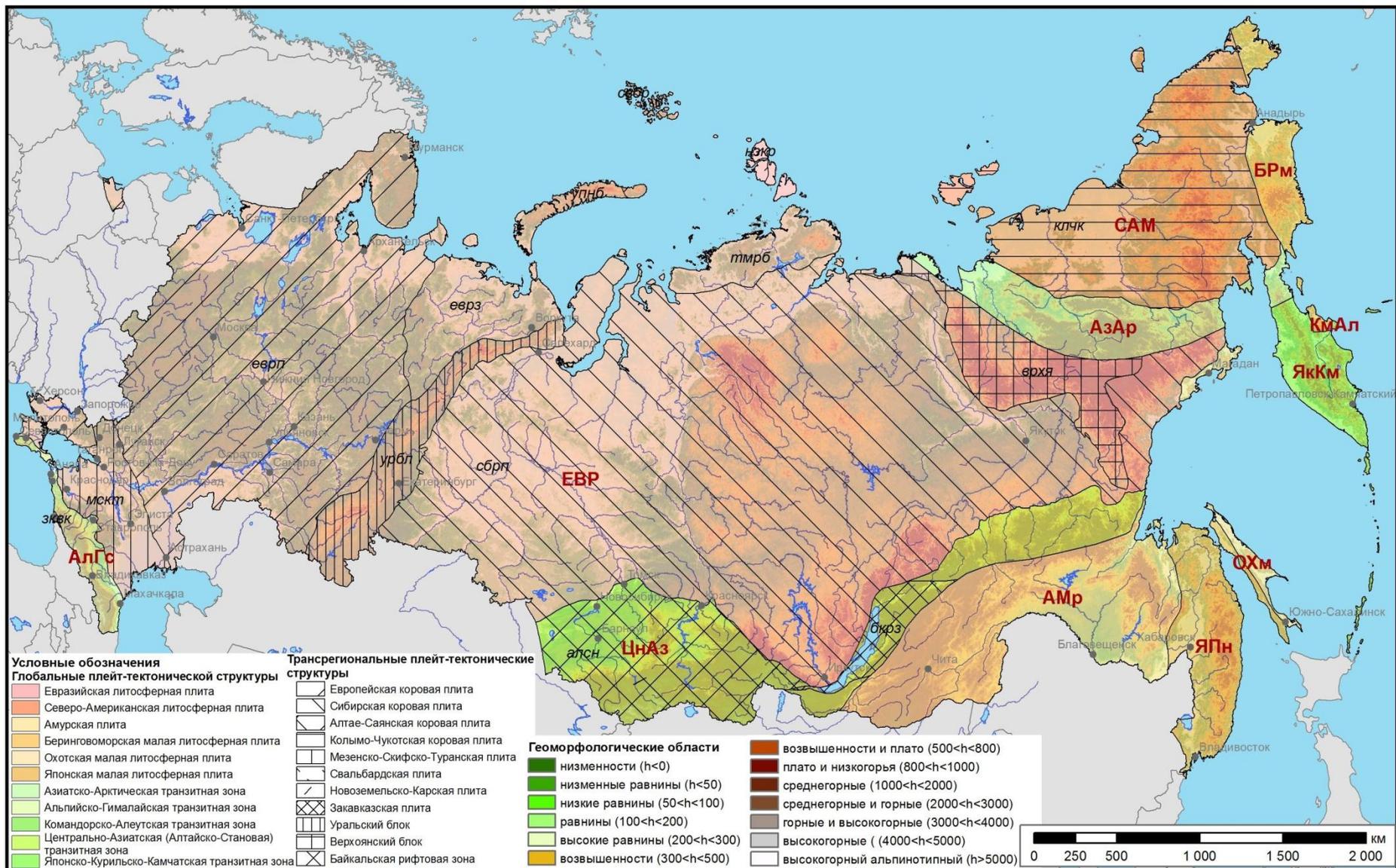


Рис. 6.5. Влияние плейт-тектонических структур на орографию территории Российской Федерации (сост. О.В. Зеркалем).

гетерогенной Амурской литосферной плиты и характеризующаяся рассеянной сейсмичностью;

- горная система Сихотэ-Алиня (протяженность около 1200 км при ширине до 250 км, максимальные отметки - до 2090 м), развивавшаяся в мел-палеогеновое время как активная континентальная окраина Амурской литосферной плиты в результате процессов субдукции и перемещений по трансформным разломам, расположенная в западной части Япономорской плиты и характеризующаяся на настоящем этапе рассеянной сейсмичностью;

- Уральская горная система (протяженность более 2000 км при ширине до 150 км, максимальные отметки - 1895 м), располагающаяся в пределах Уральского тектонического блока, разделяющего Восточно-Европейскую и Западно-Сибирско-Туранскую субплиты (по М.Л. Коппу) в составе Евразийской литосферной плиты и характеризующаяся невысокой, рассеянной сейсмичностью.

Другими крупными орографическими единицами на территории Российской Федерации являются [66, 93]:

- Восточно-Европейская равнина с отметками высот до 200-300 м, осложненная невысокими пологосклонными возвышенностями и низкогорьями (до 800 м в низкогорье Кольского полуострова, до 480 м в Предуралье), расчлененная долинами крупных рек (Волга, Ока, Кама, Дон, Северная Двина и их притоков), имеющими на отдельных участках высокие борта (до 100-150 м), представляющая собой Восточно-Европейскую субплиту (по М.Л. Коппу) в составе Евразийской литосферной плиты;

- Западно-Сибирская равнина с отметками высот до 150 м, представляющая собой северную часть Западно-Сибирско-Туранской субплиты (по М.Л. Коппу) в составе Евразийско литосферной плиты;

- Среднесибирское плоскогорье с отметками высот от 500-600 м на юге до 300 м на севере, осложненное Анабарским плато с высотами до 960 м, представляющее собой Восточно-Сибирскую субплиту в составе Евразийской литосферной плиты.

Менее крупными орографическими единицами на территории Российской Федерации, но характеризующимися высокой активностью оползней, являются Ставропольская возвышенность и Приобское плато, расположенные в предгорьях Кавказской и Алтайской горных систем, соответственно.

В пределах обширных *водораздельных пространств*, где верхняя часть разреза во многих случаях представлена четвертичными супесчано-глинистыми грунтами, оползневые процессы локальны и тяготеют к склонам, формирующихся при развитии линейных эрозионных процессов, активно развивающихся при оврагообразовании.

Для *речных долин и прибрежных зон морей и крупных озер* в пределах внутриплитных регионов характерны разномасштабные склоновые процессы - мелкомасштабные проявления

обвальнo-осыпных процессов, оползни объемом от нескольких сотен-первых тысяч кубических метров до первых миллионов кубических метров, активность которых существенно зависит от современных эрозионных процессов.

Выполненный анализ пространственной и частотной распространенности природных геологических процессов, показал ведущую роль современной тектонической обстановки, рассматриваемой с позиции плейт-тектонической теории, геоморфологических условий как важнейших факторов формирования закономерностей инженерно-геологических условий на территории Российской Федерации (рис. 6.2 и 6.4). Наибольший интерес с точки зрения рассмотрения закономерностей влияния структурно-тектонических и геоморфологических факторов на распространение и развитие оползневых процессов представляют северо-восточная, восточная, юго-восточная и южная окраины Евразийской литосферной плиты и территории примыкающих "диффузных границы плит" (по В.Е. Хаину) или "транзитных зон" (по Ю.Г. Гатинскому и Д.В. Рунквисту).

В первую очередь, к зонам взаимодействия жестких блоков земной коры (литосферных плит, плит, субплит, микроплит), характеризующихся современными контрастными тектоническими движениями и высокой сейсмичностью, геологически закономерно тяготеют регионы массового активного развития оползневых процессов, формируя современные инженерно-геодинамически активные зоны, для которых характерны более высокие региональные показатели интенсивности развития оползневых процессов (табл. 6.1, 6.2). Так, например, для Северо-Кавказского региона, представляющего собой инженерно-геодинамически активную зону взаимодействия Евразийской литосферной плиты с серией микроплит Альпийско-Гималайской (Альпийско-Иранской, по Ю.Г. Гатинскому) транзитной зоны, площадная пораженность оползневыми процессами составляет от 25% (центральная часть северного склона Кавказа) до более 60% (западный фланг северного склона Кавказа) (рис. 6.6-6.8) [93, 899]. В то же время, для сравнения, в центральной части Евразийской литосферной плиты величина общей площадной пораженности оползневыми процессами составляет от нескольких десятых процента до первых процентов, возрастая лишь на отдельных участках в зоне влияния геоморфологических факторов в долинах крупных рек до 9-10% (участки долин рек Волги, Оки, Дона) (рис. 6.9) [93, 899]. Существенно различаются внутриплитные области и зоны взаимодействия плейт-тектонических структур и по активности склоновых процессов. Например, среднемноголетнее значение активности оползней в пределах Северо-Кавказского региона составляет 30-40% активных форм ежегодно при пиковых значения в условиях массовой активизации до 90% от общего числа проявлений оползневых процессов (рис. 6.6-6.10). Для предгорий Алтая, также представляющих собой инженерно-геодинамически

Таблица 6.1

Влияние региональных геологических факторов инженерно-геологических условий на развитие и интенсивность оползневых процессов (для условий территории Российской Федерации)
(по О.В. Зеркалю [93] с изменениями)

современные геодинамические условия													
зоны взаимодействия плейт-тектонических структур							внутриплитные условия						
значимость геологических факторов на геологические закономерности развития современных оползневых процессов													
сейсмотектоническая активность	геоморфологические условия	характер залегания пород верхней части геологического разреза	гидрогеологические условия	геодинамические условия	состав комплекса пород верхней части геологического разреза		сейсмотектоническая активность	геоморфологические условия	характер залегания пород верхней части геологического разреза	гидрогеологические условия	геодинамические условия	состав комплекса пород верхней части геологического разреза	
+++	+++	++	+	±±	++	±	+	+++	++	++	±±	+++	±
Ла, Об, Оп (всех типов), Ос, Се криогенные процессы – Ку, Со ^б							Об, Оп	Оп, Ос, криогенные процессы – Ку, Со ^б					Оп

Уровень значимости геологических факторов:

+++ - один из ведущих, определяющих развитие и интенсивность гравитационных процессов на склонах

++ - контролирующий генетический тип и активность гравитационных процессов на склонах

+ - оказывающий влияние на снижение устойчивости территории к развитию гравитационных процессов на склонах

± - определяющий возможность развития тех или иных типов гравитационных процессов на склонах

±± - оказывающий разнонаправленное (как снижая устойчивость территории, так и повышая ее) влияние на развитие и интенсивность гравитационных процессов на склонах

Примечание. Для внутриплитных условий одним из факторов, оказывающих влияние на устойчивость территории к развитию оползневых процессов, является наличие растительности и ее характер.

Принятые сокращения: Ку – курумообразование, Ла – ледово-каменное и снежное лавинообразование, Об – обвалы, Оп – оползни (Оп^б – блоковые оползни, Оп^т – оползни-потоки, Оп^{пз} – оползни внезапного разжижения), Ос – осыпи, Се – селеобразование, Со – солифлюкция (Со^б – быстрая солифлюкция).

Таблица 6.2

Интенсивность развития оползневых процессов в регионах с различными региональными геологическими факторами ("факторами среды" и медленно изменяющимися факторами)¹⁾

Плейт-тектоническая структура	Орографическая структура ²⁾	M_L ³⁾	M_L^{norm} ³⁾	Пораженность, оп/км ²
Внутриплитные области				
Восточно-Европейская коровая плита	Центральная часть Восточно-Европейской равнины (Смоленско-Московская возвышенность, Калининско-Ярославская равнина, северная часть Среднерусской возвышенности)	3,79	0,02	0,010
Восточно-Европейская коровая плита	Приволжская возвышенность (восточная часть)	3,40	0,07	0,012
Восточно-Европейская коровая плита	Приволжская возвышенность (западная часть)	2,46	0,05	0,011
Восточно-Европейская коровая плита	Среднее Предуралье (Верхнекамская возвышенность)	2,63	0,006	0,010
Области в пределах диффузных границ тектонических плит				
Альпийско-Гималайская транзитная зона	Кавказская горная система (северный макросклон)	4,02	0,94	0,087
Альпийско-Гималайская транзитная зона	Кавказская горная система (Черноморское побережье Западного Кавказа, без территории Сочи) ⁴⁾	2,50	1,65	0,45
Восточно-Азиатская транзитная зона	Северная часть Восточно-Камчатской горной системы ⁵⁾	3,28	0,55	0,036
Восточно-Азиатская транзитная зона	Южная часть Корякского нагорья ⁵⁾	3,04	0,66	0,045

1) Приведено по данным анализа материалов, представленных в Информационных бюллетенях о состоянии недр на территории Российской Федерации (1992-2004, 2005-2020) [130, 926, 927], в Докладах «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов...» на территориях субъектов Российской Федерации за различные годы.

2) Орографические структуры приняты по [66].

3) M_L - Магнитуда интенсивности оползневых процессов; M_L^{norm} - Нормированная магнитуда интенсивности оползневых процессов.

4) По данным Н.И. Комарницкого [928].

5) По данным В.Л. Леонова и О.Н. Егорова [174].

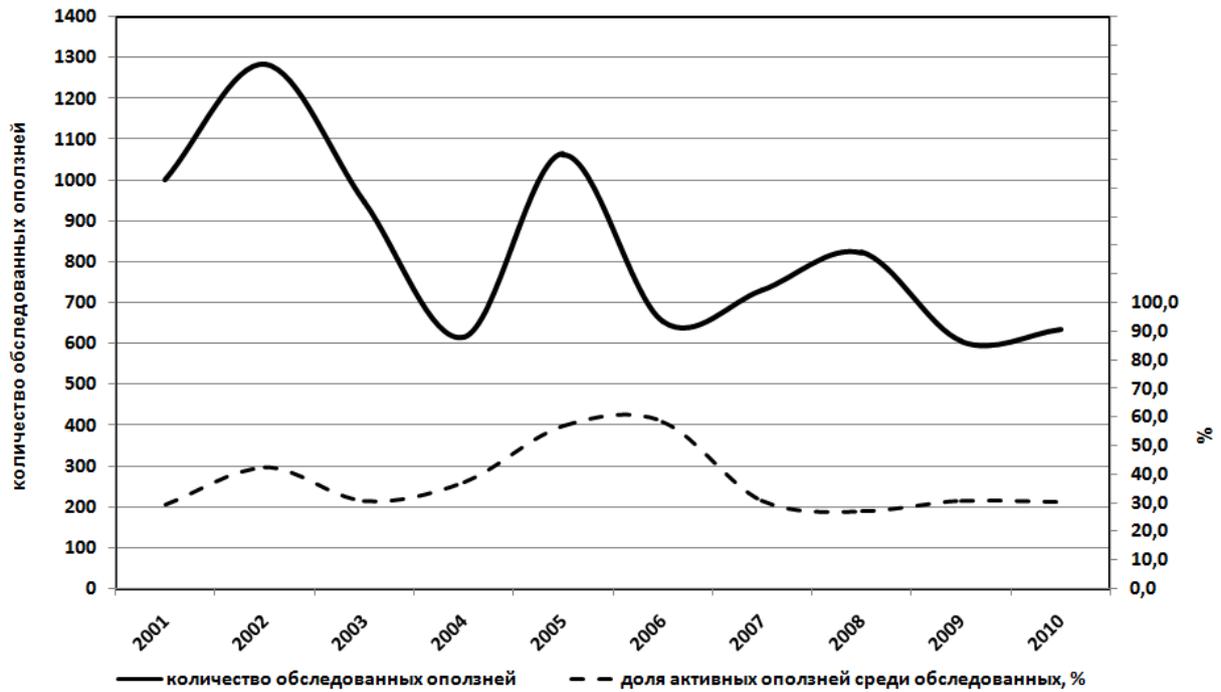


Рис. 6.6. Изменчивость активности оползневых процессов в Северо-Кавказском регионе (Альпийско-Гималайская транзитная зона), (сост. О.В. Зеркалем с использованием данных ГМСН [130, 927]).

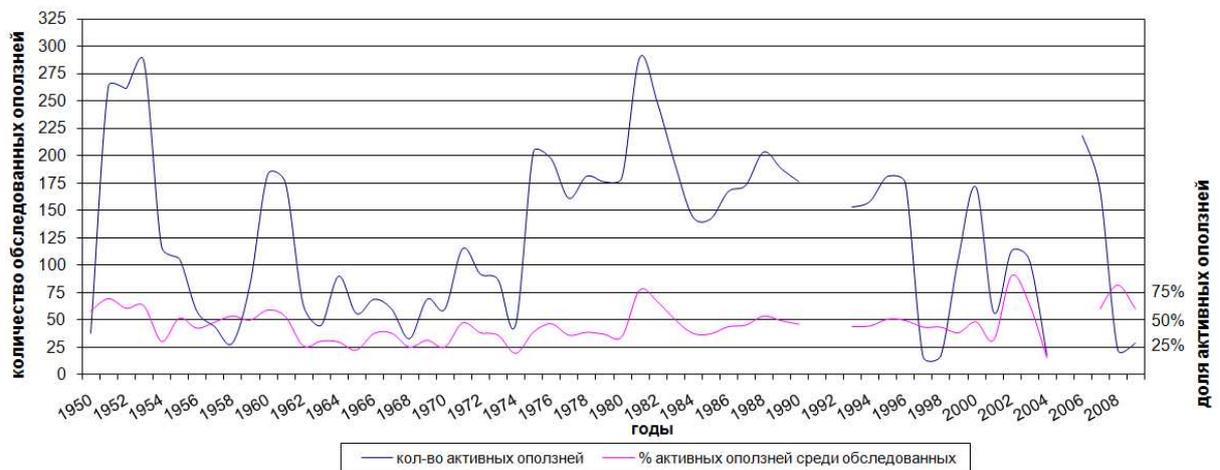


Рис. 6.7. Изменчивость активности оползневых процессов в Сочинско-Мацестинском районе (Альпийско-Гималайская транзитная зона) (сост. О.В. Зеркалем с использованием материалов Н.И. Комарницкого с соавторами [928], Я.А. Измайлова с соавторами [925], О.В. Зеркаля с соавторами [924], а также данных ГМСН [130, 927]), приведено по [899] с изменениями и дополнениями.

активную зону сочленения Евразийской литосферной плиты с серией структур Центрально-Азиатской транзитной зоны, среднемноголетнее значение активности оползней достигает 15% активных форм ежегодно при пиковых значениях в условиях массовой активизации до 45% от общего числа проявлений оползневых процессов (рис. 6.11). Вместе с тем, для сравнения, в пределах Восточно-Европейской коровой плиты (центральная часть Евразийской литосферной плиты) среднемноголетнее значение активности оползней (в областях, относимых к районам с высокой (!) площадной пораженностью (Н.Новгород, Волгоград)) не превышают 7-10% активных форм ежегодно при пиковых максимальных значениях в условиях массовой активизации до 21-30% от общего числа проявлений (рис. 6.9). Помимо оползневых процессов в пределах зон взаимодействия плейт-тектонических структур типичны проявления обвально-осыпных, селевых процессов, развитие которых во внутриплитных условиях носят единичный характер.

В региональных поясах областей взаимодействия жестких блоков земной коры (литосферных плит, тектонических плит), характеризующихся современными контрастными тектоническими движениями (как следствие – расчлененным рельефом) и высокой сейсмичностью воздействие, действие других геологических факторов (состав комплексов пород, характер их залегания, гидрогеологические условия) существенно ретушируется ведущим эндогеодинамическим фактором, контролирующим интенсивность, масштабность развития склоновых процессов в пределах современных инженерно-геодинамически активных зон (табл. 6.1, 6.2). В этих регионах, где верхняя часть геологического разреза складывается скальными горными породами (как правило, центральные части горно-складчатых областей), преобладающими типами гравитационных процессов являются обвалы, оползни-обвалы (каменные лавины), оползни скольжения и оползни сдвига, осыпи, водокаменные сели. Для регионов широкого развития глинистых грунтов (как правило, предгорные и низкогорные части горно-складчатых областей и межгорные котловины) более типичными являются блоковые оползни и оползни течения, грязекаменные сели.

Вместе с тем, для инженерно-геодинамически активных транзитных зон, представляющих собой зоны взаимодействия плейт-тектонических структур, для которых характерна высокая сеймотектоническая активность, типично широкое развитие сейсмогенных или сейсмоиндуцированных проявлений современных склоновых процессов, в первую очередь, обвалов, оползней, каменных лавин, характеризующихся комплексностью механизма развития, существенной масштабностью и катастрофичностью [18, 36, 290, 314, 334 и др.]. Эпицентральные зоны землетрясений, начиная с интенсивности 5-6 баллов, зоны развития сейсморазрывных дислокаций, являются участками наиболее широкого развития современных оползневых и других склоновых процессов, принимающих площадной характер для

сейсмических событий интенсивностью 9 баллов и выше. Для пост-сейсмического периода также типична интенсификация гравитационных процессов.

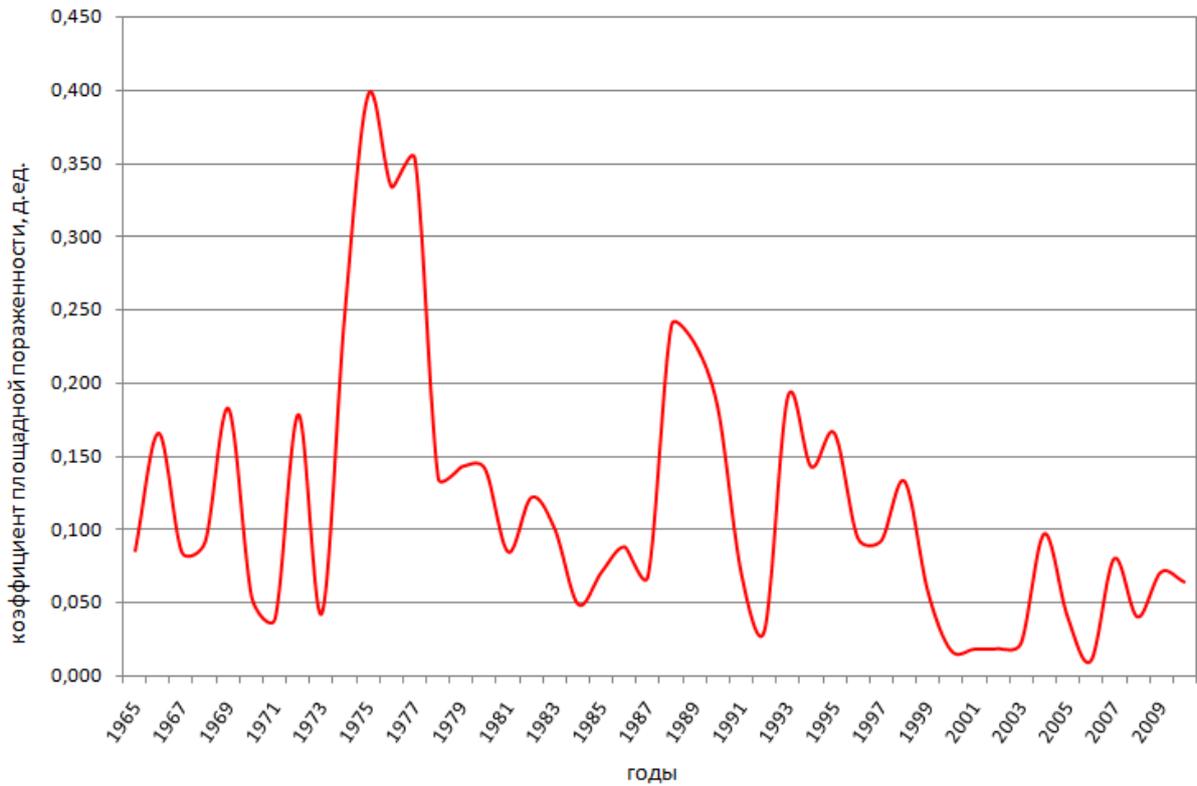


Рис. 6.8. Изменчивость активности оползневых процессов в районе Ставропольской возвышенности (участок долины р. Ташлы) (приведено по [899]).

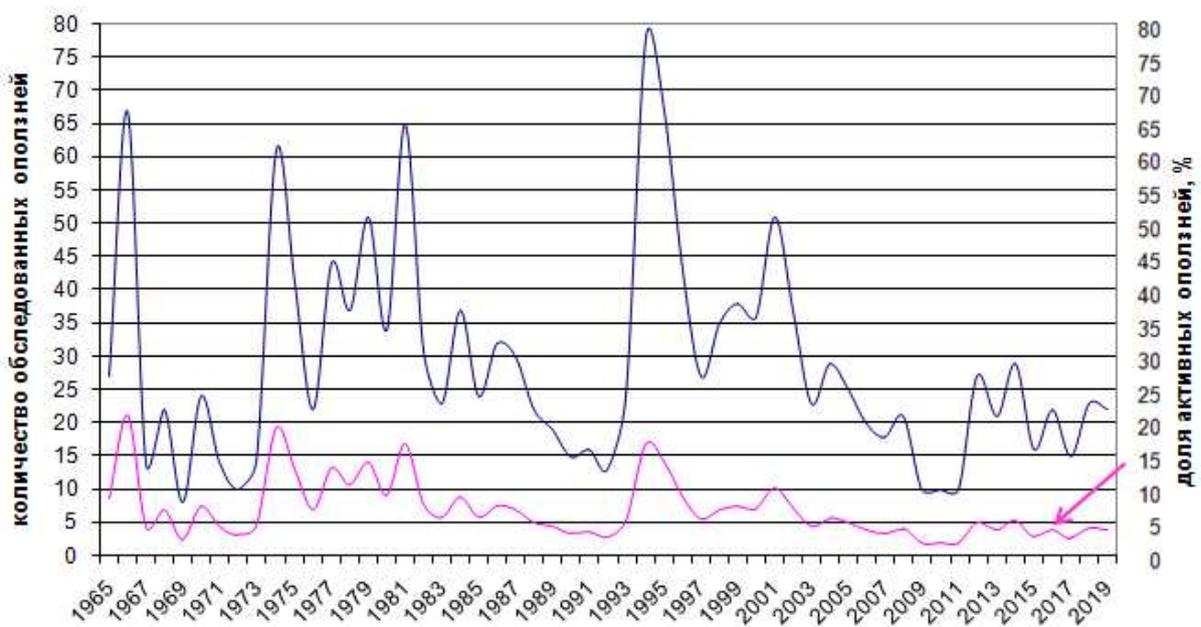


Рис. 6.9. Изменчивость активности оползневых процессов в пределах Окско-Волжского косога (приведено по [899] с изменениями).

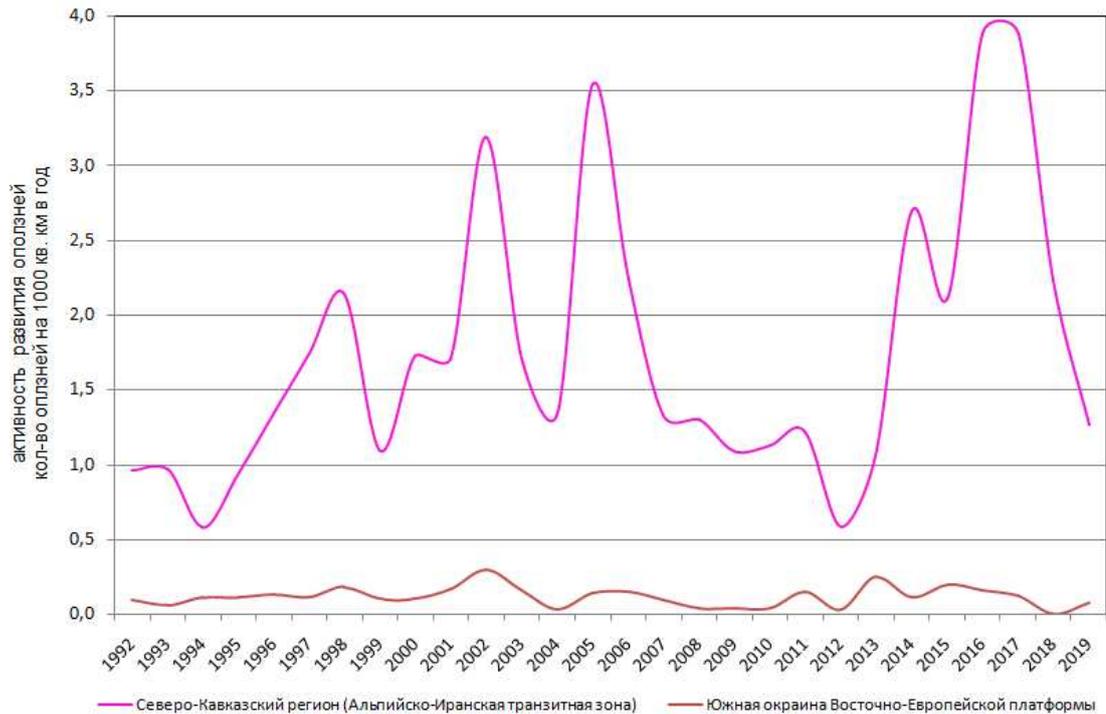


Рис. 6.10. Сравнительная оценка изменчивости активности оползневых процессов в Северо-Кавказском регионе (Альпийско-Гималайская транзитная зона) и в пределах южной части Восточно-Европейской платформы (Евразийской литосферной плиты).

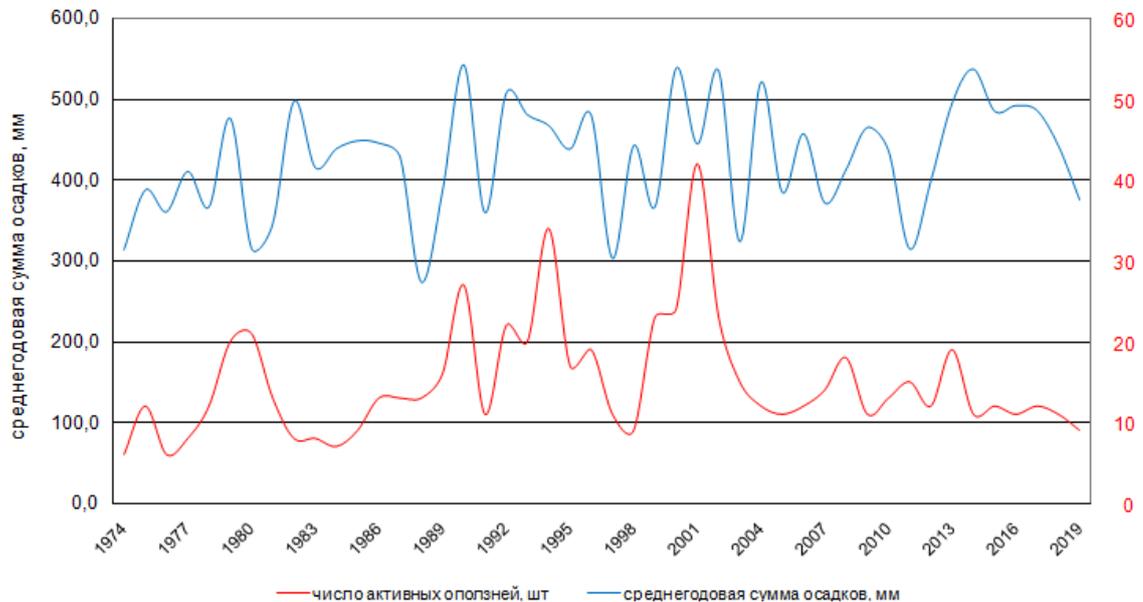


Рис. 6.11. Изменчивость активности оползневых процессов на территории г. Барнаула (Алтае-Саянская коровая плита) (приведено по [899] с дополнениями по данным ГМСН [130]).

Иная иерархия воздействия геологических факторов на развитие современных экзогенных геологических процессов и, соответственно, закономерности проявления гравитационных процессов типичны для внутриплитных условий (табл. 6.1, 6.2). В этих

регионах характер и протекания оползневых процессов - генетический тип оползней и, в определенной степени, масштабность отдельных проявлений деформаций склонов, контролируется особенностями строения верхней части геологического разреза, его обводненностью, а в ряде случаев – историей геологического развития территории.

В пределах внутриплитных регионов на первый план по уровню воздействия на развитие современных склоновых процессов выходят особенности геоморфологических условий, сформировавшихся под воздействием эрозионных процессов, и строения верхней части геологического разреза (характер залегания и состав грунтов, их физико-механические свойства и обводненность). На территориях относительно жестких блоков земной коры (литосферных и коровых плит) повышенная активность развития оползней приурочена к областям с относительно контрастным рельефом, сформировавшимся на новейшем (тектоническом) и современном (постледниковом) этапе геологического развития территории. При этом контрастность рельефа внутриплитных регионов существенно ниже контрастности рельефа, наблюдаемой в региональных поясах областей взаимодействия жестких блоков земной коры (литосферных плит, тектонических плит), где перепады высот склонов могут составлять от многих сотен метров до более 1 км.

В пределах равнин и низменностей – типичных морфологических форм относительно жестких блоков земной коры, территории с относительно контрастным рельефом представлены участкам "коротких" (по протяженности по уклону) склонов с перепадами высот от 40-60 м до 150-160 м, реже - до 200 м (табл. 6.3), характерными для краевых частей либо неогеновых поверхностей выравнивания, либо высоких надпойменных речных (III н.т. и более высокие) и морских террас, сформировавшихся в среднеплейстоценовое время или ранее. "Критические" величины уклонов склонов на участках развития оползневых процессов варьируют в зависимости от физико-механических свойств отложений верхней части геологического разреза. Действие зонального (в т.ч. зонально-секторного) геологического фактора (относится к быстроизменяющимся) влияет на современную внутригодовую и многолетнюю активность развития оползневых процессов.

Существенное влияние на интенсивность развития оползневых процессов проявлением кумулятивного эффекта совместного воздействия региональных геологических факторов ("факторами среды" и медленно изменяющимися факторами) и зональных (метеоклиматического) факторов, который был отмечен выше. Анализ особенностей развития оползней на территории Краснополянского оползневого района (Альпийско-Гималайская транзитная зона (Закавказская микроплита)) и района «Долины гейзеров» (Восточно-Азиатская транзитная зона) (рис. 4.9 и 4.10), приведены выше, в главе 4, показало, что проявление

Характеристика перепада высот на участках активного развития оползней
в пределах относительно жестких блоков земной коры

Район	Перепад высот
долина р. Москвы оползневой участок "Фили" оползневой участок "Воробьевы горы" оползневой участок "Коломенское"	~50-55 м до 70 м ~35-40 м
Волжско-Окский косогор (в р-не г. Н. Новгород)	до 120 м
р-н Сенгелеевских оползней (правобережье долины р. Волги)	~95-100 м
р-н г. Ульяновска долина р. Волги (правобережье) долина р. Свяги	130-160 м до 100 м
долина р. Волги (правобережье) в р-не г. Саратова оползневой участок в р-не «Соколовой горы» оползневой участок «Увек»	до 150 м ~120 м
долина р. Волги (правобережье) в р-не г. Волгограда	от ~35-40 м до ~160 м
Уфимский косогор (правобережье р. Белой)	65-100 м
долина р. Обь (правобережье в р-не впадения р. Иртыш)	до 60 м
долина р. Томь (правобережье), оползневой участок «Лагерный Сад»	~150 м
северное побережье Таганрогского залива	до 50 м
северное побережье Кольского полуострова участок "Териберка"	~150 м

Таблица 6.4.

Интенсивность развития оползневых процессов на территориях с высокой техногенной нагрузкой в регионах с различными региональными геологическими факторами ("факторами среды" и медленно изменяющимися факторами)

	Плейт-тектоническая структура	Орографическая структура	M_L	M_L^{norm}	Пораженность, оп/км ²
Внутриплитные области					
Москва	Восточно-Европейская коровая плита	Центральная часть Восточно-Европейской равнины (Смоленско-Московская возвышенность)	2,40	1,36	0,23
Саратов	Восточно-Европейская коровая плита	Приволжская возвышенность	1,76	1,56	0,36
Волгоград	Восточно-Европейская коровая плита	Приволжская возвышенность	2,08	1,69	0,49
Н. Новгород	Восточно-Европейская коровая плита	Приволжская возвышенность	1,46	1,74	0,54
Области в пределах диффузных границ тектонических плит					
Ставрополь	Альпийско-Гималайская транзитная зона	Ставропольская возвышенность	2,54	2,22	1,67
Севастополь	Альпийско-Гималайская транзитная зона	Западный берег Крымского полуострова	2,07	2,32	2,09
ЮЗ оползневой подрайон (мыс Айя - г. Кагель)	Альпийско-Гималайская транзитная зона	Южный берег Крымского полуострова	2,84	2,36	2,29
Барнаул	Алтае-Саянская коровая плита (Центрально-Азиатская транзитная зона (по Л.П. Зоненштайну и Ю.Г. Гатинскому))	Приобское плато	2,32	2,37	2,32
Сочи (от р. Псахе до р. Кудепста)	Альпийско-Гималайская транзитная зона (Закавказская плита)	Склон Юго-Западного Кавказа	2,52	3,04	11,03

кумулятивного эффекта при совместном воздействии региональных геологических и зональных факторов оползнеобразования сопровождается существенный увеличением количества формирующихся оползней, что находит свое выражение в возрастании величин региональных характеристик интенсивности развития оползней (табл. 6.2).

В условиях высокой техногенной нагрузки выявленные тенденции изменения интенсивности развития оползневых процессов для регионов с различными региональными геологическими факторами ("факторами среды" и медленно изменяющимися факторами) сохраняются. В то же время, для областей с высокой техногенной нагрузкой характерны и более высокие региональные показатели интенсивности развития оползневых процессов (табл. 6.4) по сравнению с региональными показателями, типичными для менее техногенно нагруженных территорий (табл. 6.2).

6.2. Зональные геологические закономерности распространения и развития оползневых процессов на территории Российской Федерации

В пределах Российской Федерации наиболее существенное влияние на особенности современного развития природных экзогенных геологических процессов, наблюдаемую их интенсивность, на формирование сочетаний различных типов оползневых и других гравитационных склоновых процессов, оказывают тип и режим современной увлажненности, а также теплообеспеченности территории, которые носят отчетливый зонально-секторный характер и рассматриваются в качестве быстро изменяющихся факторов инженерно-геодинамических условий. Зонально-секторный характер быстро изменяющихся факторов, влияя на состояние горных пород и гидрогеологические условия верхней части геологического разреза, обуславливает определенную зональность в распределении комплексов оползневых и других склоновых процессов на территории страны

Одной из наиболее распространенных классификаций климата в международной практике является классификация Кёппена-Гейдера (Köppen-Geiger climate classification). В пределах территории Российской Федерации, с учетом уточнений влияния изменчивости климата, предложенных М.С.Peel с соавторами, выделяется 16 климатических таксонов (рис. 6.12) [602, 716]. Наибольшее распространение (>58%) имеют территории, для которых типичен умеренно холодный климат с равномерным увлажнением (Dfa, Dfb, Dfc, Dfd). Несколько меньше по площади (>31%) занимают области, характеризующиеся умеренно холодным климатом с сухой зимой (Dwa, Dwб, Dwc, Dwd), а полярные тундры (ET)

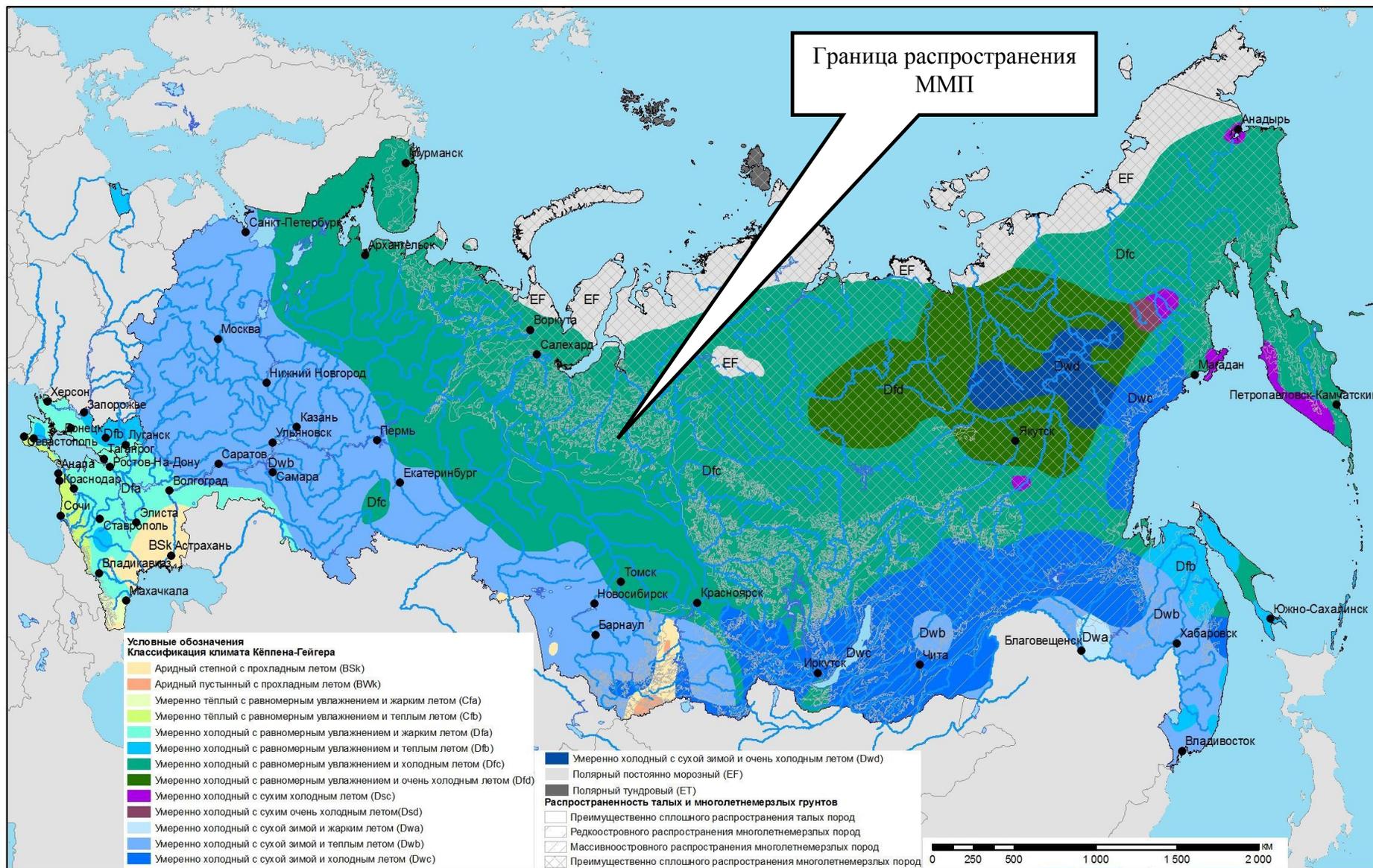


Рис. 6.12. Типизация климата территории Российской Федерации (классификация Кёппена-Гейгера [716]); распространенность ММП дано по Геоэкологической карте СССР [59] (приведено по [93, 899], с изменениями) (сост. О.В. Зеркалем).

распространены на 7,7% территории. Области с другими классами климата в пределах территории Российской Федерации занимают менее 3% площади. Вместе с тем, опираясь только на классификацию климата Кёппена-Гейдера, сложно объяснить широкое распространение многолетнемерзлых пород на территории Российской Федерации.

На большей части Российской Федерации развитие современных оползней происходит в условиях избыточного увлажнения и лишь в южных регионах страны степень увлажнения становится недостаточной или скудной. Следует указать, что в течение всего года над Российской Федерацией преобладает субширотный характер в переносе влаги с запада на восток, что предопределяет условия увлажнения территории страны. Влияние западного атлантического потока влаги превалирует примерно до 90° в.д. (до меридианально ориентированных горных цепей Урала), уменьшаясь и ослабевая в полосе 90°-120° в.д., где начинает возрастать влияние встречного тихоокеанского потока влаги, а также сказывается меридиональный (арктический) поток влаги с севера на юг. Л.П. Кузнецова (1978) отмечает, что на территории Российской Федерации отсутствует замкнутый ареал атлантического влагооборота [899]. В восточной части страны ведущим является преимущественно юго-восточный, тихоокеанский поток влаги. Вместе с тем, опираясь только на классификацию климата Кёппена-Гейдера, сложно объяснить широкое распространение многолетнемерзлых пород на территории Российской Федерации.

По широтной зональности распределения солнечной радиации на территории Российской Федерации различают арктический, субарктический, умеренный и субтропический природно-климатические пояса [7] (рис. 6.13). По характеру циркуляции атмосферы выделяются сектора, для которых типичны атлантический, сибирский (восточно-сибирский), смешанный (совместного влияния атлантического и восточно-сибирского типа) и тихоокеанский (в южной части (в Приморье и на Сахалине) - тихоокеанский муссонный) режимы циркуляции атмосферы, а для южных областей Западной Сибири – среднеазиатский режим циркуляции атмосферы [7] (рис. 6.13). Как видно из приведенного рисунка, широкое распространение многолетнемерзлых пород на территории России характерно для сектора с сибирским и восточно-сибирским типами режима циркуляции атмосферы, для которых свойственно значительное влияние воздушных масс, поступающих из Арктики. Анализ и оценка влияния на развитие оползневых процессов зональных геологических, быстро изменяющихся факторов с учетом типа климата по широтной зональности и режиму циркуляции атмосферы показал высокую синхронность (по годам) активизации оползней в пределах территорий с близким типом климата по широтной зональности (рис. 6.14 и 6.15).

На рисунке 6.14 приведено сравнение динамики развития оползней на достаточно



Рис. 6.13. Типы климата по широтной зональности распределения солнечной радиации и секторность климата по режиму циркуляции атмосферы (специальное содержание дано по (Ландшафтная карта СССР [170], 1980 и Геокриологической карте СССР, 1991 [59]) приведено по [93, 899] с изменениями) (сост. О.В. Зеркалем).

удаленных друг от друга участках - в пределах Окско-Волжского косогор и в районе г. Барнаула, расположенных в пределах территории с одинаковым – среднеширотным, типом климата, но с различным режимом циркуляции атмосферы атлантическим и среднеазиатским, соответственно. Из рисунка 6.14 видно, что пики активизации оползневых процессов (в 1995 г. и 2002 г.) на рассматриваемых участках синхронны, но противоположны по интенсивности. Пик активизации оползневых процессов на Окско-Волжском косогоре в 1995 г. был существенно выше среднемноголетних показателей развития оползней, а пик 2002 г. – был менее контрастным. В то же время, в районе г. Барнаула более значительной степень активизации была в 2002 г., а в 1995 г. пик активизации оползневых процессов был менее значительным. Вместе с тем, для конца 70^х г.г. XX в. синхронизация развития оползневых процессов прослеживается менее четко.

На рисунке 6.15 приведено сравнение динамики развития оползней также на достаточно удаленных друг от друга территориях – в Дагестане и на Сахалине, расположенных в пределах территории с одинаковым – южным, типом климата, но с различным режимом циркуляции атмосферы атлантическим и тихоокеанским муссонным, соответственно. Из рисунка 6.15 видно, что пики активизации оползневых процессов (в 2002 г. и 2009 г.) на рассматриваемых участках не только синхронны по времени, но совпадают по интенсивности относительно характера превышения среднемноголетних показателей развития оползней. Вместе с тем, для 90^х г.г. XX в. синхронизация развития оползневых процессов не прослеживается.

6.3. Закономерности пространственного распределения современных антропогенно обусловленных оползневых и других гравитационных склоновых процессов¹

Характер, комплексность и интенсивность проявления современных антропогенно обусловленных оползневых процессов на освоенных и осваиваемых территориях при различных типах инженерно-хозяйственной деятельности в значительной мере зависят от влияния, с одной стороны, особенностей природных условий, а, с другой стороны, - интенсивности и типа техногенного освоения территории. При оценке влияния естественных инженерно-геологических условий на интенсивность проявления инженерно-геологических склоновых процессов при рассмотрении формирующихся природно-технических систем

¹ При подготовке данного раздела диссертации использована следующая публикация, выполненная автором лично, в которой отражены основные результаты, положения и выводы исследования:

1. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России/под ред. В.Т. Трофимова и Э.В. Калинина. – М.: КДУ, 2013. - 816 с.:

Глава 33. Закономерности распределение современных природных геологических процессов (с. 696-713).
Объём авторского вклада при подготовке главы 33 монографии – 100%.

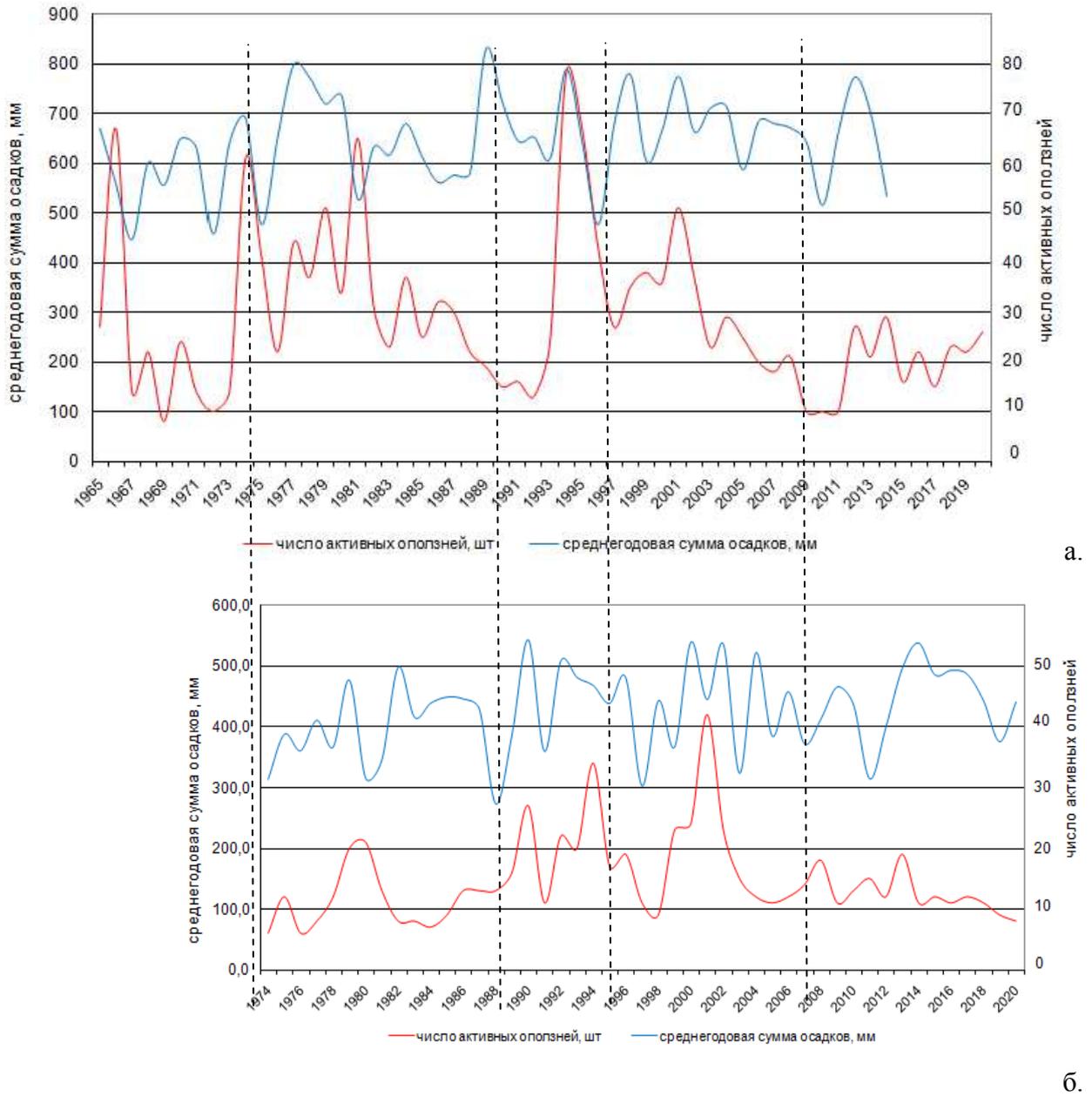


Рис. 6.14. Сравнение влияния быстро изменяющихся факторов развития оползневых процессов в пределах среднеширотного типа климата (по широтной зональности) в областях с различным режимом циркуляции атмосферы (см. рис. 6.13):
 а. - атлантическим (в пределах Окско-Волжского косогора);
 б. - среднеазиатским (в районе г. Барнаула).

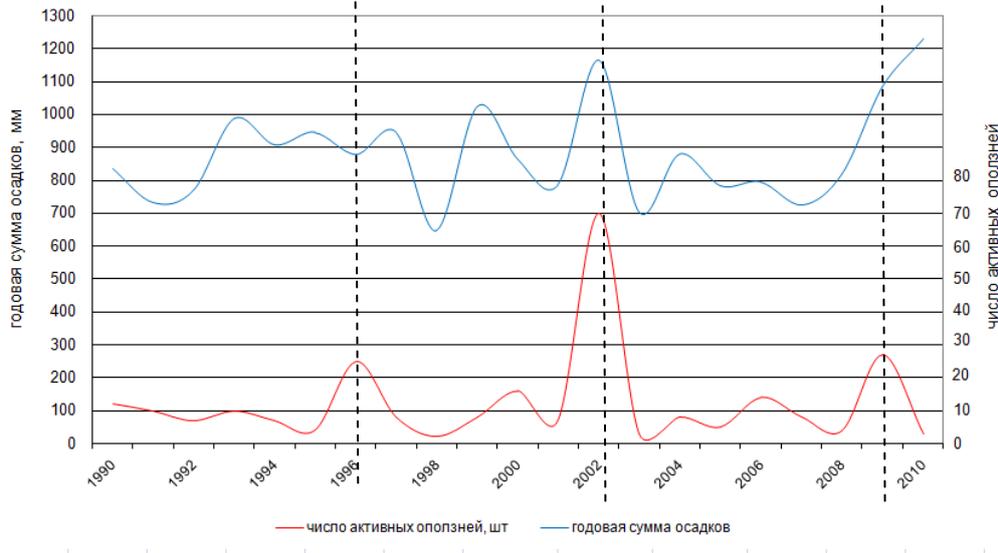
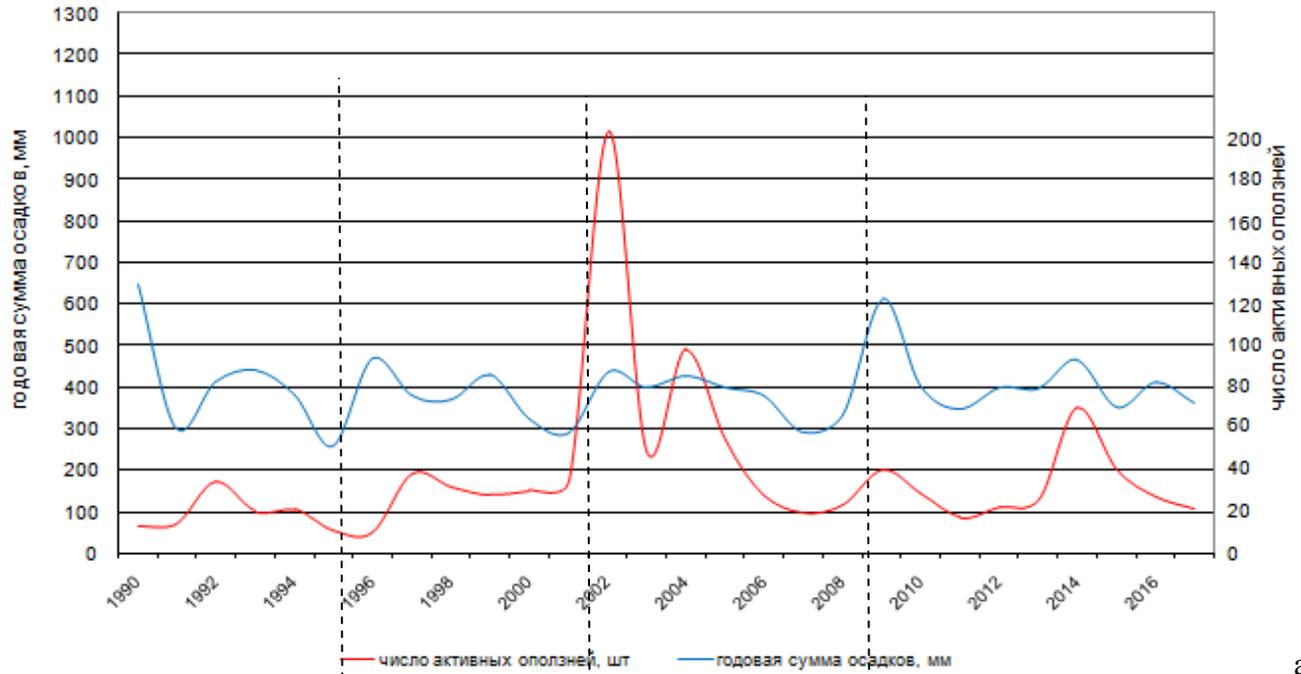


Рис. 6.15. Сравнение влияния быстро изменяющихся факторов развития оползневых процессов в пределах южного типа климата (по широтной зональности) в областях с различным режимом циркуляции атмосферы (см. рис. 6.13):

а. - атлантическим (Дагестан);

б. - тихоокеанским муссонным (Сахалин).

следует учитывать наличие природных геологических особенностей территории, предопределяющих возможность развития тех или иных типов склоновых деформаций. В первую очередь, необходим анализ сочетания комплекса региональных и зонально-провинциальных природных факторов развития современных оползневых и других геологических склоновых процессов.

Природные факторы формируют фоновые условия образования и последующего развития техногенно индуцированных оползневых процессов, а антропогенное воздействие выступает триггерным фактором развития склоновых деформаций. Геоморфологические особенности территории, где широко развиты природные склоны различного генезиса, предопределяют возможность формирования техногенных оползневых процессов.

Следует подчеркнуть, что непосредственно на активность и интенсивность проявления современных антропогенно обусловленных оползневых и других склоновых процессов на освоенных и осваиваемых территориях оказывают влияние как природные быстро изменяющиеся и триггерные факторы развития ЭГП, так и непосредственно инженерно-хозяйственная деятельность, во многих случаях, как было отмечено выше, также выступающая как триггерный фактор формирования или активизации проявлений инженерно-геологических процессов. Примером антропогенного триггера являются техногенная подрезка склона, обуславливающая образование техногенных оползней.

Современные антропогенно обусловленные оползневые и другие склоновые процессы, исходя из условий своего развития, могут быть разделены на две группы:

1. Процессы, развивающиеся при освоении территорий в составе существующих, техногенно изменяемых под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности природных систем (с формированием природно-технических систем), включающие:

- оползневые и другие гравитационные процессы, вызванные техногенной деятельностью (подрезка, пригрузка, обводнение и др.) на естественных склонах;
- криогенные гравитационные процессы, развивающиеся в условиях техногенного изменения термического режима грунтовых массивов в районах развития ММП, в т.ч. термоэрозионные и термоабразионные процессы, сопровождающиеся склоновыми процессами, а для горных территорий - курумообразованием.

2. Процессы, развивающиеся в антропогенно созданных системах и включающие:

- переработку берегов водохранилищ (в т.ч. с развитием оползневых смещений в бортах долин);
- оползневые и другие склоновые процессы на техногенно созданных откосах.

Помимо этого, влияние инженерно-хозяйственной деятельности как фактора развития современных оползневых процессов, также проявляется в техногенной активизации

существовавших в природных условиях геологических процессов и явлений. Ярким примером такого рода техногенной активизации природных склоновых процессов является активизация древних глубоких оползней в Сызранском и Саратовском Поволжье при создании Волжского каскада водохранилищ.

Основываясь и развивая работы В.А. Приклонского, Г.С. Золотарева, Ф.В. Котлова, Е.М. Сергеева, В.Т. Трофимова, Г.К. Бондарика [226, 293, 305], весь спектр инженерно-хозяйственного воздействия, выступающего в роли техногенного фактора развития современных антропогенно обусловленных склоновых, можно сгруппировать в восемь основных видов, шесть из которых могут оказывать влияние на интенсивность оползневых процессов (табл. 6.5).

В то же время, по особенностям воздействия и специфическим группам антропогенно обусловленных оползневых процессов могут быть выделены следующие типы техногенеза: горнодобывающий, гидротехнический, транспортный (преимущественно линейное строительство), селитебный (промышленное и гражданское строительство), сельскохозяйственный, включая мелиоративную деятельность, лесотехнический.

Комплексы современных антропогенно обусловленных оползневых и других склоновых процессов, развивающиеся при различных типах инженерно-хозяйственной деятельности, приведены в таблице 6.6.

Антропогенно обусловленные склоновые (оползневые, обвально-осыпные и др.) процессы, вызванные различными видами техногенной деятельности, могут быть разделены на две группы: процессы, развивающиеся/активизировавшиеся на естественных склонах под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности, процессы, формирующиеся на искусственных склонах.

Техногенно индуцированные склоновые процессы формируются и развиваются практически при всех типах инженерно-хозяйственной деятельности и во всех природных условиях. Вместе с тем, особенности техногенного вмешательства в геологическую среду при различных видах освоения территории оказывает существенное влияние на масштабность антропогенно обусловленных склоновых процессов. Максимальные объемы (до десятков и первых сотен млн. м³) техногенно вызванных деформаций склонов наблюдаются при гидротехническом строительстве и при воздействии, сопровождающем добычу полезных ископаемых. Техногенные склоновые процессы при указанных видах антропогенного воздействия развиваются как на естественных склонах, так и формируются на искусственно созданных склонах. Селитебный (промышленное и гражданское строительство) и

Основные техногенные факторы развития современных
антропогенно обусловленных склоновых процессов

Виды техногенного воздействия на геологическую среду	Основные действующие факторы оползнеобразования
Статические нагрузки от инженерных сооружений и техногенных объектов, в т.ч. зданий, плотин, насыпей, искусственных водоемов, отвалов и др.	Изменение напряженного состояния массивов грунтов (постоянные и переменные)
Динамические нагрузки (промышленные взрывы, работа механизмов и агрегатов)	Передача колебаний в грунтовый массив
Перепланировка дневной поверхности (в т.ч. дна водных объектов), включая: - создание искусственных отрицательных форм (выемок, котлованов, карьеров), в т.ч. дноуглубление - создание искусственных склонов - изменение русел поверхностных водотоков	Изменение напряженного состояния массивов грунтов Изменение свойств приповерхностных грунтов Изменение водного баланса и условий обводнения грунтовых массивов Изменение режима и энергии волнового воздействия в нижней части склонов (для водных объектов)
Изменение состояния дневной поверхности, включая: - нарушение растительного и почвенного покрова - создание искусственных покровов	Изменение водного баланса Изменение свойств приповерхностных грунтов
Создание искусственных водоемов, включая: - водохранилища, хвостохранилища, включая искусственные формы рельефа - дамбы - каналы различного назначения	Изменение условий обводнения грунтовых массивов Возникновение воздействия фильтрующей водных потоков Возникновение волнового воздействия в нижней части склонов Воздействия, связанные с формированием статических нагрузок
Обводнение/осушение земель (приповерхностной части геологического разреза)	Изменение состава и свойств приповерхностных грунтов Изменение водного баланса и условий обводнения грунтовых массивов

транспортный (преимущественно линейное строительство) техногенез сопровождается разномасштабными (от небольших (сотни-первые тысячи м³) до очень крупных (первые млн. м³)) техногенно индуцированными склоновыми процессами с разнообразным механизмом развития. Сельскохозяйственная, включая мелиоративную, и лесотехническая деятельность

вызывают, как правило, незначительные по масштабности (от сотен-первых тысяч м³ до десятков тыс. м³, реже более) антропогенно обусловленные склоновые процессы.

Наиболее интенсивное влияние техногенная деятельность на устойчивость склонов оказывает в тектонически активных районах в зонах взаимодействия тектонических плит, а также в областях сочленения крупных жестких блоков в составе последних. Природные геолого-геоморфологические особенности указанных территории, где широко развиты естественные склоны различной формы и генезиса, имеющие разнообразное геологическое строение (либо монотонное залегание, как правило, дислоцированных горных пород, с падением как по склону, так и в склон, либо переслаивание грунтов с различными прочностными свойствами), определяют возможность формирования техногенных гравитационных процессов. На территории России к таким регионам можно отнести южную периферию Евразийской литосферной плиты (Северо-Кавказский, Алтае-Саянский регионы, Прибайкалье). Помимо современных тектонически активных регионов техногенная деятельность провоцирует дестабилизацию древних проявлений склоновых процессов в областях, имеющих спокойный геодинамический режим, например, в Среднем Поволжье. Антропогенно обусловленные склоновые деформации могут иметь любой из возможных механизмов смещения. Наиболее часто техногенно индуцированные деформации носят характер оползней сдвига или вязкопластического течения, реже проявляясь в виде иных типов смещения.

Существенный рост интенсивности развития антропогенно обусловленных гравитационных процессов на естественных склонах, вызванных совместным действием природных факторов и влиянием инженерно-хозяйственной деятельности, в первую очередь, под воздействием селитебного и гидротехнического техногенеза, регистрируется на территории Российской Федерации с начала 50^х г.г. XX в. [169]. Особенно большое число антропогенно активизированных оползней в этот период было отмечено в Ульяновске, Уфе, Горьком (в настоящее время - г. Нижний Новгород), Москве, Ставрополе, Волгограде и ряде других городов. В настоящее время активное развитие антропогенно обусловленных склоновых процессов в пределах городских агломераций отмечается в регионах с различным тектоническим режимом. Для южной периферии Евразийской литосферной плиты и примыкающих тектонически активных территорий наиболее высокая интенсивность развития техногенно индуцированных оползней отмечается в пределах Барнаула, Буйнакска, Иркутска, Нефтегорска (Краснодарский край), Ставрополя, Сочи, Томска, Хабаровска и ряда других городов [94].

Активное развитие антропогенно обусловленных оползневых процессов также

таблица 6.6.

Комплексы современных антропогенно обусловленных оползневых и других гравитационных склоновых процессов, развивающиеся при различных типах инженерно-хозяйственной деятельности (приведено по [94])

Тип техногенного воздействия	Современные антропогенно обусловленные оползневые и другие гравитационные склоновые процессы, сопровождающие освоение территорий			
	равнинные территории		горно-складчатые области	
	с преимущественным развитием талых пород	с преимущественным развитием ММП	с преимущественным развитием талых пород	с преимущественным развитием ММП
Горнодобывающий	- формирование/активизация оползней при сейсродинамическом воздействии и при промышленных взрывах - оползневые процессы на откосах техногенно созданных положительных форм рельефа (отвалы, терриконы) - оползневые процессы в бортах открытых горных выработок			
	- оползневые процессы	- оползне-обвальные процессы	- селевые процессы на техногенно созданных объектах	- курумообразование
Гидротехнический	- оползневые и оползне-обвальные процессы при переработке берегов водохранилищ			
Транспортный (преимущественно линейное строительство)	- оползневые процессы, вызванные техногенной деятельностью (подрезка, пригрузка, обводнение и др.) на естественных склонах - гравитационные процессы на техногенно созданных откосах			
				- курумообразование
Селитебный (промышленное и гражданское строительство)	- оползневые процессы, вызванные техногенной деятельностью на естественных склонах - гравитационные процессы на техногенно созданных откосах - формирование/активизация оползней при техногенном динамическом воздействии			
	- оползни разжижения водонасыщенных грунтов при техногенно обусловленных динамических нагрузках	- быстрая солифлюкция при деградации ММП	- селевые процессы на техногенно освоенных территориях	
Сельскохозяйственный (включая мелиоративное строительство)	- оползневые процессы, вызванные техногенной деятельностью (при обводнении) на естественных склонах		- оползневые процессы, вызванные техногенной деятельностью (подрезка, пригрузка, обводнение и др.) на естественных склонах	
Лесотехнический	- формирование/активизация оползней			
		- солифлюкция		- солифлюкция

отмечается в пределах равнинных территорий и низкогорных областей с низкой тектонической активностью (с внутриплитными условиями). Формирование и активизация антропогенно индуцированных оползней в последние десятилетия зарегистрированы на территории Брянска, Волгограда, Вольска, Кирова, Липецка, Москвы, Н. Новгорода, Перми, Ростова-на-Дону, Рыбинска, Саратова, Таганрога, Ульяновска, Чебоксар и многих других [94].

По данным государственного мониторинга состояния недр на территории России ежегодно воздействию оползневых процессов, вызванных как природными, так и техногенными факторами, подвержено от 280 до 500 средних и крупных населенных пунктов [899]. Неоднократные подвижки антропогенно обусловленных оползней отмечаются на естественных склонах в зонах влияния водохранилищ Волжского и Камского каскадов, водохранилищ Сибири, Цимлянского и Краснодарского водохранилищ [14, 127, 134, 142, 163, 225].

Развитие масштабных антропогенно обусловленных гравитационных процессов на искусственных склонах регистрируются, в первую очередь, при разработке полезных ископаемых открытым способом. Формирование и активизация антропогенно индуцированных оползней в карьерах и отвалах в настоящее время отмечается в бортах действующих и неработающих угольных разрезов Кузбасса, Забайкалья и Приморья, а также при отработке открытым способом уральских медноколчеданных месторождений и апатитовых месторождений Кольского полуострова [94]. К длительно развивающимся антропогенно обусловленным гравитационным процессам следует отнести оползневые явления на Коршуновском карьере [80, 271]. Техногенные оползни отмечаются на искусственных склонах, созданных на внешних отвалах карьеров Норильского и Михайловского (КМА) ГОКов [354].

6.4. Выводы по главе 6.

1. Оползни на территории Российской Федерации развиты неравномерно. Ежегодно на территории страны фиксируется активное развитие нескольких тысяч оползней, а также образуется от нескольких десятков до первых сотен новых оползней.

2. Пространственное распределение проявлений оползневых процессов на территории Российской Федерации контролируется региональными геологическими факторами оползнеобразования ("факторами среды" и медленно изменяющимися факторами). Области массового развития оползней на территории Российской Федерации характеризуются приуроченностью к "транзитным зонам" ("диффузным границам тектонических плит" (по В.Е. Хаину)). В пределах внутриплитных областей интенсивность развития оползней на территории

Российской Федерации определяется геоморфологическими условиями (медленно изменяющийся фактор оползнеобразования).

3. В пределах Российской Федерации наиболее существенное влияние на особенности современного развития оползневых процессов (внутригодовую активность), наблюдаемую 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, предопределяющих зональные геологические закономерности развития оползней.

4. По особенностям воздействия и специфическим группам антропогенно обусловленных оползневых процессов могут быть выделены следующие типы техногенеза: горнодобывающий, гидротехнический, транспортный (преимущественно линейное строительство), селитебный (промышленное и гражданское строительство), сельскохозяйственный, включая мелиоративную деятельность, лесотехнический.

Исходя из результатов диссертационного исследования, изложенных в главе 6, может быть сформулировано следующие (5) **защищаемое положение:**

5. В пределах относительно жестких блоков земной коры:

- **предрасположенность территорий к развитию оползневых процессов определяется действием медленно изменяющихся региональных геологических факторов, среди которых ведущую роль играет геоморфологический фактор;**

- **внутригодовая и многолетняя активность развития оползневых процессов контролируется действием современных быстро изменяющихся зональных геологических факторов;**

- **на территориях интенсивного освоения техногенное воздействие выступает определяющим фактором развития оползневых процессов.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оползневые и другие склоновые геологические процессы являются одними из наиболее катастрофических геологических процессов, нередко приводя к существенным жертвам и экономическим потерям. Склоновые геологические процессы представляют собой разномасштабные, сложные по своей структуре явления, с различной динамикой и особенностями воздействия, развивающиеся как в природных условиях, так и, нередко, при негативном техногенном влиянии на геологическую среду. В настоящее время изучение оползневых и других гравитационных процессов на склонах является одной из основных, самостоятельных задач, решаемых в инженерной геологии и в смежных научных дисциплинах.

Настоящая диссертационная работа, ориентированная на развитие теоретических основ изучения закономерностей развития и распространения оползневых процессов, их проявлений, представляет собой научное обобщение многолетних теоретических и методологических исследований, результатов прикладных работ, проводившихся автором. Основные результаты проведенных исследований, отражающие научную значимость представленной работы, заключаются в следующем.

1. Описаны научные основы, формирующие теоретическую базу учения (в виде системы утверждений) о закономерностях развития, динамики и распространения оползневых и других гравитационных склоновых процессов. Обосновано представление о склоновых деформациях (в виде оползней) как результата длительно развивающегося естественно-исторического геологического процесса. Показана необходимость при изучении оползней (как диахронных объектов) решения двуединой задачи - одновременного исследования как современной динамики геологической среды, так и анализа непрерывно длительно развивающегося геологического объекта (склонового массива).

2. Показана полисемантическая понятийная база оползневедения как одного из разделов инженерной геодинамики в инженерной геологии. Впервые показано наличие концептуально различных подходов в изучении оползневых и других склоновых процессов, развивающихся в рамках различных научных (смежных) дисциплин.

3. Показаны особенности оползней как геологических явлений, заключающиеся:

- в необратимости, неповторимости и направленности развития оползневых процессов;
- в уникальности оползней как геологических объектов;
- многомерности (пространственной, временной) оползней как геологических объектов;
- многовариантности оползней как геологических объектов;
- неоднозначности наблюдаемых характеристик оползней, для которых присущи дивергентность, конвергентность, множественность признаков.

4. Разработана методика региональной оценки закономерностей распространения оползневых и других склоновых процессов, основанная на воззрениях концепции тектоники литосферных плит. Впервые показано, что в зонах взаимодействия жестких блоков земной коры, представляющих собой региональные пояса со сложными инженерно-геологическими условиями и обстановками, локализуются области и отдельные ареалы массового активного развития склоновых деформаций, предопределяя закономерности пространственного распространения оползневых и других гравитационных склоновых процессов.

5. Обосновано, что в пределах относительно жестких блоков земной коры предрасположенность территорий к развитию оползневых процессов определяется действием региональных геологических факторов, преимущественно геоморфологического. Внутригодовая и многолетняя активность развития оползневых процессов контролируется действием современных зональных (в т.ч. зонально-секторных) геологических факторов.

6. Показано, что наиболее существенное влияние на особенности современного развития оползневых и других гравитационных склоновых процессов, наблюдаемую их активность, формирование сочетаний различных типов склоновых деформаций оказывают быстро изменяющиеся факторы, действие которых имеет зонально-секторный характер, обуславливая зональность в распределении комплексов оползневых и других склоновых процессов.

Разработанные в диссертационном исследовании теоретические представления, методические принципы и подходы изучения закономерностей развития и распространения оползневых процессов, их проявлений, результаты, полученные в рамках проведенных исследований, являются достаточно обоснованными, имеют высокую значимость и вносят значимый вклад в решение задач, стоящих перед инженерной геодинамикой, как одного из направлений инженерной геологии.

Результаты проведенных исследований в дальнейшем могут служить основой для совершенствования методов прогнозирования оползневых и других гравитационных склоновых процессов, а также совершенствования методов оценки и анализа оползневой опасности и риска, что имеет важнейшее значение для обеспечения безопасности людей, устойчивого развития территорий, подверженных активному воздействию опасных геологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**Опубликованная**

1. Абрамов, С.К. Противооползневые сооружения. Исследование и проектирование/С.К. Абрамов, Н.В. Глазов, А.В. Романов, Н.Г. Трупаков. – М.-Л.: Стройиздат, 1940. - 200 с.
2. Айдаралиев, Б.Р. Климатические и гидрологические факторы, влияющие на развитие и активизацию оползневых процессов в Кыргызской республике/Б.Р. Айдаралиев, Х.В. Ибатулин, Б.С. Ордобаев//Наука, новые технологии и инновации. - 2012. - №2. – С. 58-59
3. Айзин, Б.И. Оползневые явления района г. Горького и инженерно-технические мероприятия по борьбе с ними/Б.И. Айзин//Тр. МГРИ, 1937. - т. VI. - С. 98-107
4. Айрюмова, Е.Ю. Оценка оползневой опасности на основе ГИС для Туапсинского района/Е.Ю. Айрюмова, И.В. Иванушь//Актуальные проблемы науки и техники: Сб. научн. ст. по матер. II Междунар. научн.-практ. конф. - Уфа, 2020. - С. 405-420
5. Айтматов, И.Т. Геодинамические факторы массового развития оползней на склонах Ферганского хребта/И.Т. Айтматов, И.А. Торгоев, Ю.Г. Алешин//Геориск: Матер. Междунар. симпози. «Геологический риск: оценка и уменьшение» (Ташкент, 16-19.09.2003). - Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2003. - С. 12-14
6. Алексеев, А.С. Погребенный оползневой блок в разрезе среднеюрских отложений на территории Москвы/А.С. Алексеев, Р.Р. Габдуллин, Е.Н. Самарин, О.В. Зеркаль, Ю.И. Ростовцева//Вестник Московского университета, сер. 4. Геология. - 2019. - №3. - С. 28-34
7. Алисов, Б.П. Климат СССР/Б.П. Алисов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1956. – 126 с.
8. Ананьев, В.П. Инженерная геология: Учеб. для строит, спец. вузов/В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. - 3^е изд., перераб. и испр. - М.: Высшая школа, 2005. - 575 с.
9. Арну, М. Основные законы и ограничения во Франции в связи с проявлением оползней и селей (Гл. 20)//Оползни и сели/М. Арну. - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. - т. 2. - С. 207-211
10. Архангельский, А.Д. Об устойчивости берегов р. Волги около пристаней: Симбирск, Ставрополь, Хвалынский, Вольск, Ровное, Банновка и Царицын/А.Д. Архангельский//Изв. Геол. Ком., 1914, прот. - С. 4-10
11. Асоян, Д.С. Ландшафтная индикация опасных процессов экзоморфогенеза по космическим изображениям горных стран/Д.С. Асоян//Вопросы географии. Сб. 144. Картография в цифровую эпоху. - 2017. - С. 245-263
12. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Ч. 1. Обломочные и глинистые породы/Сост. Е.В. Дмитриева, Г.И. Ершова, Е.И. Орешникова, под рук. М.Ф. Викуловой, А.В. Хабакова. - М.: Госгеолтехиздат, 1962. - 730 с.

13. Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии: 280 основных терминов/Под ред. В.Т.Трофимова. – М.: «Геомаркетинг», 2012. – 320 с.
14. Байдин, В.Г. Зависимость современной оползневой деятельности от морфологии древнеоползневых склонов на берегах Воткинского водохранилища/В.Г. Байдин//Геол. и полез. ископаемые Зап. Урала: Матер. регион. конф. (Пермь, 1997). – Пермь, 1997. - С. 235-236
15. Байраков, И.А. Техногенные факторы развития оползневого процесса на Северо-Восточном Кавказе/И.А. Байраков//Научная мысль Кавказа. - 2005. - №9. - С. 108-116
16. Баранов, Б.В. Подводные оползни Охотского моря/Б.В. Баранов, Л.И. Лобковский, К.А. Дозорова, Д.Д. Рукавишникова//Докл. РАН. Науки о Земле. – 2022. -т. 506. - № 2. – С. 248-251
17. Баранов, Б.В. Подводные оползни на западном склоне Курильской котловины Охотского моря/Б.В. Баранов, В.Г. Прокудин, Я.-К. Джин, К.А. Дозорова, Д.Д. Рукавишникова//Океанология. – 2018. – № 3(58). – С. 452-462
18. Барышников, Г.Я. Бельтирский сейсмогенный оползневый сход мерзлотных пород/Г.Я. Барышников, Б.Н. Лузгин//Известия Алтайского гос. ун-та, География. – 2005. - №3 (37). - С. 57-59
19. Бевз, В.Н. О генетических типах ландшафтно-оползневых комплексов/В.Н. Бевз//Общие и региональные проблемы ландшафтной географии СССР. – Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-та, 1987. – С. 92-97
20. Бевз, В.Н. Некоторые теоретические аспекты изучения склоновых ландшафтов/В.Н. Бевз//Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. География и геоэкология. - 2004. - №1. - С. 75-78
21. Бевз, В.Н. Динамическая геоморфология: оползневые процессы и их региональные особенности/В.Н. Бевз, А.С. Горбунов. – Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2015. – 40 с.
22. Бевз, В.Н. Региональный анализ оползневой опасности (на примере Воронежской области)/В.Н. Бевз, А.С. Горбунов, В.А. Караваев//Известия Русского географического общества. – 2020. – т. 152. - № 1. – С. 47-55
23. Белый, Л.Д. Инженерная геология/Л.Д. Белый, В.В. Попов. – М.: Стройиздат, 1975. – 312 с.
24. Билеуш, А.И. Оползни и противооползневые мероприятия/А.И. Билеуш. – Киев: Наукова думка, 2009. – 350 с.
25. Богданович, К.И. Несколько замечаний о геологических условиях сооружения Черноморской железной дороги от Туапсе до Ново-Сенак/К.И. Богданович//Тр. II Всеросс. съезда деятелей по практической геологии и разведочному делу. – СПб, Тип. Биркенфельда, 1913, вып. 1. - С. 79-90
26. Богданович, К.И. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 4 января 1911 г./К.И. Богданович, Д.И. Мушкетов и др.//Тр. Геол. ком. Нов. сер. – 1914. – №89. – 270 с.

27. Бондаренко, А.А. Вычислительный эксперимент при контроле оползнеопасных территорий/А.А. Бондаренко, В.Я. Герб//Геозкология: проблемы и решения. ч. 3. Инженерно-геологические и геокриологические проблемы геозкологии: Тез. докл. и сообщ. Всесоюз. научн.-практ. конф. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1991. - С. 85-87
28. Бондарик, Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии/Г.К. Бондарик. – М.: Недра, 1981. – 256 с.
29. Бондарик, Г.К. Инженерная геодинамика/Г.К. Бондарик, В.В. Пендин, Л.А. Ярг. – М.: КДУ, 2007. – 440 с.
30. Бондарик, Г.К. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии//Г.К. Бондарик, Л.А. Ярг. – М.: ИД КДУ, 2015. – 296 с.
31. Брэбб, Э. Составление и использование карт оползневой уязвимости территории около Сан-Франциско (Калифорния, США)/Э. Брэбб//Оползни и сели: Сб. докл. Междунар. семинара в Алма-Ате (октябрь, 1981). - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1982. - С. 401-414
32. Бурлуцкий, С.Б. Оценка инженерно-геологических условий оползневых склонов/С.Б. Бурлуцкий, Е.С. Кудашов. - СПб: Лема, 2018. - 35 с.
33. Бутов, П.И. К вопросу о комплексно-стационарному изучению оползней/П.И. Бутов//Тр. I Всесоюзного оползневого совещания. – Л.-М.: ОНТИ, 1935. - С. 38-56
34. Буцько, С.С. Классификация оползней/С.С. Буцько//Уч. зап. Моск. обл. пед. ин-та: Тр. каф. геогр. фак. – 1951. - т. 17. - вып. 5. - С. 144-181
35. Быков, В.Г. Миграция сейсмичности и скрытые разломы в Приамурье/В.Г. Быков, Т.В. Меркулова//Тихоокеанская геология. - 2020. - т. 39. - №4. - С. 38-52
36. Важенин, Б.П. Палеосейсмодислокации в сейсмическом поясе Черского/Б.П. Важенин//Сейсмологические и петрофизические исследования на Северо-Востоке России. - Магадан, 1992. - С. 79-102
37. Ваньшин, Ю.В. Роль техногенных факторов в дестабилизации оползневых массивов г. Саратова/Ю.В. Ваньшин//Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: ОАО «ПНИИИС» - 50 лет: Матер. IX Общеросс. конф. изыскательских организаций (Москва, 28-29.11.2013 г.). - М.: ООО "Геомаркетинг", 2013. - С. 27-30
38. Варнес, Д. Методы составления карт оползневой опасности/Д. Варнес//Оползни и сели: Сб. докл. Междунар. семинара в Алма-Ате (октябрь, 1981). - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1982. - С. 379-400
39. Варнс, Д.Д. Движения склонов, типы и процессы/Д.Д. Варнс//Оползни. Исследование и укрепление/под ред. Р.Шустер и Р.Кризека. - М.: Мир, 1981. – С. 32-85
40. Васин, Б.Г. Морфогенетическая классификация подводных оползней (на примере верхнемеловых отложений Дагестана)/Б.Г. Васин//Новые данные по нефтяной геологии,

гидрогеологии, геотермии и геофизике Центрального и Восточного Кавказа. – М.: Недра, 1968, с. 56-61 – Сб. Грозненского нефтяного ин-та, №29

41. Васьков, И.М. Крупномасштабные обвалы: геодинамика и прогноз/И.М. Васьков. – Владикавказ, 2019. - 365 с.
42. Вейденбаум, Е. К истории Казбекских завалов/Е. Вейденбаум//Известия Кавказского отдела ИРГО. - 1874-1875. - т. 3. - №1. - С. 26-28; №5. - С. 183-186
43. Винниченко, С.М. Сейсмогенные оползни и обвалы зоны сочленения Южного Тянь-Шаня и Памира и их инженерно-геологическое значение: автореф. дис. ... к.г.-м.н. /Винниченко Светлана Максимовна. - М.: МГУ, 1989. - 18 с.
44. Винниченко, С.М. Вопросы рационального использования сейсмоактивных горноскладчатых территорий/С.М. Винниченко, В.В. Лим, Н.С. Огнев. – Душанбе, ТаджикНИИНТИ, 1989. - 47 с.
45. Вожик, А.А. Оперативное региональное прогнозирование активности оползневого процесса на примере сочинского полигона/А.А. Вожик, Д.А. Шамурзаева//Геоинформатика. - 2018. - №4. - С. 59-70
46. Воробьев, А.Е. Типизация оползней/А.Е. Воробьев, Г.К. Кожоголова//Инновационные перспективы Донбасса: Матер. VIII Междунар. научн.-практ. конф. (Донецк, 24-26.05.2022 г.). – Донецк: Донецкий национальный техн. ун-т, 2022. – т. 6. - С. 26-33
47. Воскресенский, С.С. Динамическая геоморфология. Формирование склонов/С.С. Воскресенский. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. – 231 с.
48. Воскресенский, С.С. Склоновые процессы и морфолитогенез на склонах//Динамическая геоморфология/С.С. Воскресенский: под ред. Г.С. Ананьева, Ю.Г. Симонова, А.И. Спиридонова. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – С. 112-136
49. Габдуллин, Р.Р. Литолого-геохимическая характеристика условий осадконакопления в Крымско-Кавказском тропе в раннеюрско-ааленское время (на примере Качинского поднятия и Краснополянской зоны)/Р.Р. Габдуллин, Е.Н. Самарин, А.В. Иванов, Н.В. Бадулина, М.А. Афонин//Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. - 2014. - №6. - С. 34-50
50. Габибов, Ф.Г.О. Системный анализ определения экзогенного явления «Оползень»/Ф.Г.О. Габибов, Л.Ф.К. Габибова//Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: Сб. тр. Междунар. научн.-практ. конф. (Волгоград, 07-08.12.2021 г.). - Волгоград, ВолгГТУ, 2021. – ч. 1. - С. 37-41
51. Гакаев, Р.А. Условия и факторы развития оползневых процессов в Северо-Восточном Кавказе/Р.А. Гакаев//Матер. III научн.-практ. конф. «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». – Ростов-на-Дону, 2006. - С. 70-75
52. Гакаев, Р.А. Роль антропогенного фактора в возникновении и развитии оползневого

- процесса в Чеченской Республике/Р.А. Гакаев//Вопросы современной науки и практики: Тр. Ун-та им. В.И. Вернадского, 2008. - т. 1. - № 1(11). - С. 133–140
53. Гакаев, Р.А. Атмосферные осадки и их интенсивность как один из факторов возникновения оползней в горной части Чеченской Республики/Р.А. Гакаев//Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты)/Сергеевские чтения: Матер. Годичной сессии Научн. Совета РАН по проблемам геоэкологии, инж. геологии и гидрогеологии (Москва, 21-22.03.2013). – М.: РУДН, 2013, вып. 15. – С. 110-114
54. Гатинский, Ю.Г. Геодинамика Евразии – тектоника плит и тектоника блоков/Ю.Г. Гатинский, Д.В. Рундквист//Геотектоника. – 2004. - №1. - С. 3-20
55. Гатинский, Ю.Г. Блоковая структура и геодинамика континентальной литосферы на границах плит/Ю.Г. Гатинский, Д.В. Рундквист, Г.Л. Владова, Т.В. Прохорова, Т.В. Романюк//Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. - 2008 – Вып. 11. - №1. – С. 32-47
56. Гатинский, Ю.Г. Блоковые структуры и кинематика Восточной и Центральной Азии по данным GPS/ Ю.Г. Гатинский, Д.В. Рундквист, Ю.С. Тюпкин//Геотектоника. – 2005. - №5. - С. 3-19
57. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины/под ред. А.Ф. Трешникова. – М.: Изд-во "Сов. энциклопедия", 1988. – 432 с.
58. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн./под ред. А.И. Ханчука. - Владивосток: Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – 572 с.
59. Геокриологическая карта СССР/гл. ред. Э.Д.Ершов. – М.: МГУ-Гидроспецгеология, 1991
60. Геологический словарь. В двух томах. – М.: Недра, 1978. – т. 2 «Н-Я». – 456 с.
61. Геологический словарь. В трех томах. Изд. третье, перераб. и доп./Гл. ред. О.В.Петров. т. 1. «А-Й». – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. – 432 с.
62. Геологический словарь. В трех томах. Изд. третье, перераб. и доп./Гл. ред. О.В.Петров. т. 2. «К-П». – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – 480 с.
63. Геология зоны БАМ. т. 2. Гидрогеология и инженерная геология/Гл. ред. Е.А. Козловский. – Л.: Недра, 1988. – 447 с.
64. Геология СССР. Т. VIII. Крым. Ч. I. Геологическое описание/Под ред. М.В. Муратова. - М.: Недра, 1969. - 576 с.
65. Геоморфологический словарь-справочник/Сост. Л.М. Ахромеев; Под ред. П.Г. Шевченкова. – Брянск: Изд-во Брянского гос. ун-та, 2002. – 320 с.
66. Геоморфологическое районирование СССР/Воскресенский С.С., Леонтьев О.К., Спиридонов А.И. и др. – М.: Высшая школа, 1980. – 343 с.
67. Глоссарий//Оползни и сели. В 2х томах. – М.: Центр междунар. проектов ГКНТ, 1984. –

С. 339-345

68. Голынец, Ф.Ф. О некоторых механических свойствах оползней/Ф.Ф. Голынец//Тр. Нефт.-геол.-разв. ин-та, сер. Б. – 1932. - Вып. 37. - С. 1-9
69. Методологические проблемы геологии/В.В. Груза. – Л.: Недра, 1977. - 182 с.
70. Гулакян, К.А. Опыт составления прогнозных инженерно-геологических карт различных масштабов территорий активного развития современных геологических процессов/К.А. Гулакян, В.В. Кюнтцель, Г.П. Постоев//Проблемы инженерно-геологического картирования: Тр. Всесоюзн. симп. (Москва, 30.01-01.02.74). – М.: Изд-во МГУ, 1975. - С. 262-268
71. Гулакян, К.А. Прогнозирование оползневых процессов/К.А. Гулакян, В.В. Кюнтцель, Г.П. Постоев. – М.: Недра, 1977. – 135 с.
72. Гуня, А.Н. Ландшафтный подход к изучению оползней (на примере горной территории Чеченской республики)/А.Н. Гуня, Р.А. Гакаев//Проблемы региональной экологии. - 2024. - №1. - С. 64-73
73. Гусев, Г.С. Новейшая и современная тектоническая (геодинамическая) активность территории России/Г.С. Гусев, Л.П. Имаева//Разведка и охрана недр. - 2014. - №12. - С. 23-29
74. Гуц, А.К. Теоретико-катастрофические модели оползневых процессов/А.К. Гуц//Математические структуры и моделирование. - 2023. - №3(67). - С. 53-70
75. Деникаев, Ш.Ш. О древнем завале в районе Сарезского озера/Ш.Ш. Деникаев//Докл. АН Тадж. ССР. - 1970. - т. XII. - №3. - С. 46-48
76. Деформации земляных масс, их причины и меры предупреждения: Тр. Шведской геотехнической комиссии/пер. и доп. проф. Л.Н. Бернацкого. – М.-Л.: ОНТИ, 1934. – 168 с. (оригинальная публикация вышла в Стокгольме в 1922 г.)
77. Дранников, А.М. Схема региональной классификации современных оползней/А.М. Дранников//Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, сб. 12. – М.: Госгеолиздат, 1949. - С. 7-9
78. Дранников, А.М. Оползни: типы, причины, меры борьбы/А.М. Дранников. – Киев: Укргипросельстрой, 1956. - 102 с.
79. Дранников, А.М. Оползни Украины и опыт борьбы с ними/А.М. Дранников//Тр. I Украинского гидрогеологического совещания. Т. II. Вопросы инженерной геологии. – Киев: Изд-во АН УССР, 1961. - С. 17-28
80. Егорова, Л.В. Влияние трещиноватости горны пород на устойчивость бортов Коршуновского железнорудного месторождения/Л.В. Егорова//Геология, поиски и разведка полезных ископаемых: Сб. тр. научн.-техн. конф. (Иркутск, 12-15.04.2001). – Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2001. - С. 85-88
81. Емельянова, Е.П. О причинах и факторах оползневых процессов /

- Е.П. Емельянова//Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. Тр. ВСЕГИНГЕО. – М.: Госгеолтехиздат, 1953. - С. 67-81
82. Емельянова, Е.П. Морфологическая классификация оползневых явлений для целей инженерно-геологического картирования/Е.П. Емельянова//Вопросы региональной инженерной геологии и методики исследований. - М.: Госгеолтехиздат, 1963. - С. 82-100
83. Емельянова, Е.П. Основные закономерности оползневых процессов/Е.П. Емельянова. – М.: Недра, 1972. – 308 с.
84. Емельянова, Т.Я. Инженерная геодинамика/Т.Я. Емельянова. - 2-е изд. - Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - 134 с.
85. Ерыш, И.Ф. Закономерности развития оползневых процессов на территории АР Крым/И.Ф. Ерыш//Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые системы)/Под ред. Г.И. Рудько, В.А.Осиюка. – Киев-Черновцы, Изд-во «Букрек», 2012. – т. 2. – С. 15-231
86. Ерыш, И.Ф. Оползни Крыма. История отечественного оползневедения/И.Ф. Ерыш, В.Н. Саломатин. – Симферополь: Изд-во "Апостроф", 1999. – ч. I. – 248 с.; ч. II. – 175 с.
87. Жуков, Р.А. Региональная геология: зарождение/Р.А. Жуков, Э.М. Пинский // Региональная геология и металлогения. - 2018. - №74. - С. 78-89
88. Зеркаль, О.В. Методика краткосрочного регионального прогноза активности развития опасных экзогенных геологических процессов с использованием ГИС-технологий/О.В. Зеркаль//Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики. Труды Междунар. научн. конф. (Москва, 02-03.02.2006)/под ред. В.Т. Трофимова и А.В.Королева – М.: Изд-во МГУ, 2006. - С. 36-38
89. Зеркаль, О.В. Методические подходы к организации и ведению государственного мониторинга экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации/О.В. Зеркаль//Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: Труды Междунар. научн. конф. (Москва, 24-25.05.2007)/под ред. В.Т. Трофимова и А.В.Королева – М.: Изд-во МГУ, 2007. - С. 34-38
90. Зеркаль, О.В. Оползни северо-восточного Приазовья/О.В. Зеркаль//Многообразии современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка: Тр. Междунар. научн. конф. (Москва, МГУ, 29-30.01.2009). – Изд-во Моск. ун-та, 2009. - С. 109-110
91. Зеркаль, О.В. Оценка геологических рисков в практике инженерных изысканий/О.В. Зеркаль//Инженерные изыскания. - 2009. - №9. - С. 40-43
92. Зеркаль, О.В. Оценка влияния анизотропии свойств грунтов на устойчивость склонов/О.В. Зеркаль, И.К. Фоменко//Инженерные изыскания. - 2013. - №9. - С. 44-50
93. Зеркаль, О.В. Закономерности распределение современных природных геологических процессов (гл. 32)/О.В. Зеркаль//Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика

- территории России/под ред. В.Т.Трофимова и Э.В.Калинина. – М.: КДУ, 2013а. – С. 674-696
94. Зеркаль, О.В. Закономерности распределение современных антропогенных геологических процессов (гл. 33)/О.В. Зеркаль//Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России/под ред. В.Т.Трофимова и Э.В.Калинина. – М.: КДУ, 2013б. – С. 696-713
95. Зеркаль, О.В. Инженерно-геодинамическое районирования территории России (гл. 34)/О.В. Зеркаль//Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России/под ред. В.Т.Трофимова и Э.В.Калинина. – М.: КДУ, 2013в. – С. 714-723
96. Зеркаль, О.В. Основные направления инженерно-геодинамических исследований на современном этапе и развитие методов изучения оползневых процессов (по материалам XII Международного конгресса IAEG)/О.В. Зеркаль//Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015. - №5. - С. 441-449
97. Зеркаль, О.В. Современные тенденции в изучении оползневых процессов / О.В. Зеркаль//Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения: Материалы научно-практической конференции. - М.: Изд-во "Геомаркетинг", 2017. - С. 102-110
98. Зеркаль, О.В. Оползни скольжения и оползни сдвига: особенности развития и типизация/О.В. Зеркаль//Инженерная геология. – 2021. – т. XVI. - № 1. - С. 38-58
99. Зеркаль, О.В. Оползни течения: роль строения массивов грунтов в их формировании, особенности развития и типизация/О.В. Зеркаль//Грунтоведение. - 2022. - №1(18). - С. 3-23
100. Зеркаль, О.В. Оползневые отложения как отдельный генетический тип грунтов. Их классификация/О.В. Зеркаль//Грунтоведение. – 2024. - №1(24). – С. 9-19
101. Зеркаль, О.В. Основные подходы к применению ГИС-технологий при ведении мониторинга экзогенных геологических процессов/О.В. Зеркаль, И.С. Антипина, Н.Ю. Терешкова//Записки горного ин-та. - 2003. - т. 153. - С. 64-66
102. Зеркаль, О.В. Проблемы и современное развитие представлений о крупных оползнях г. Москвы (комментарии к статье М.П. Кропоткина, Н.А. Орловой «Крупные оползни Москвы - новые взгляды или новые заблуждения?»)/О.В. Зеркаль, О.С. Барыкина, И.К. Фоменко//Инженерная геология. - 2020. - т. XV. - №4. - С. 30-40
103. Зеркаль, О.В. Современные проблемы четвертичной геологии центральной части Крымского полуострова/О.В. Зеркаль, Р.Р. Габдуллин, Е.Н. Самарин//Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4: Геология. – 2017. - №3. -С. 27-34
104. Зеркаль, О.В. Изучение и картирование развития оползневых процессов в Долине Гейзеров (Камчатка)/О.В. Зеркаль, И.П. Гвоздева//Проблемы снижения природных опасностей и рисков: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. "Геориск-2012". – М.: РУДН, 2012, т. 1. - С. 79-84

105. Зеркаль, О.В. Оползни в лессовых породах на территории России: особенности развития и факторы их формирования)/О.В. Зеркаль, А.В. Ершова//Современные проблемы инженерной геодинамики: Тр. Юбилейной конф., посвящ. 100-летию со дня рождения проф. Г.С. Золотарева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2014. – С. 131-137
106. Зеркаль, О.В. Изучение и прогноз экзогенных геологических процессов в составе государственного мониторинга состояния недр/О.В. Зеркаль, В.В. Маркарьян//Оценка и управление природными рисками: Матер. Всеросс. конф. "Риск-2003". - М.: Изд-во РУДН, 2003а. - т. I. - С. 17-21
107. Зеркаль, О.В. Краткосрочный прогноз активности развития опасных геологических процессов на территории Российской Федерации и его оправдываемость в 2002 г./О.В. Зеркаль, В.В. Маркарьян//Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций: II научн.-практ. конф. (Москва, 23.10.2002 г.): Докл. и выступления. – М.: Едиториал УРСС, 2003б. - С. 140-152
108. Зеркаль, О.В. Этапы развития, современное состояние и перспективы ведения мониторинга экзогенных геологических процессов в составе ГМСН/О.В. Зеркаль, В.В. Маркарьян//Записки горного ин-та. - 2003. - т. 153. - С. 67-69
109. Зеркаль, О.В. Влияние глобального изменения климата на активность опасных экзогенных геологических процессов на территории Северо-Кавказского региона/О.В. Зеркаль, И.Б. Королёв//ГеоРиск. - 2008. - №3. - С. 16-20
110. Зеркаль, О.В. Буреинский оползень 11 декабря 2018 г. Условия формирования и особенности механизма развития/О.В. Зеркаль, А.Н. Махинов, А.В. Кудымов, М.Е. Харитонов, И.К. Фоменко, О.С. Барыкина//Геориск. - 2019. - Том XII. - №4. - С. 46-58
111. Зеркаль, О.В. Инженерно-геологическое и инженерно-сейсмологическое изучение эпицентральных зон сильных землетрясений/О.В. Зеркаль//ГеоРиск. - 2010. - №1.- С. 62-65
112. Зеркаль, О.В. Крупномасштабные каменные лавины Южного берега Крыма (на участке Алушта-Судак)/О.В. Зеркаль, Е.Н. Самарин//Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата "ГЕОРИСК - 2018": Матер. X Междунар. научн.-практ. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков- М.: РУДН, 2018, т. 1. - С. 298-303
113. Зеркаль, О.В. Влияние различных факторов на результаты вероятностного анализа активизации оползневых процессов/О.В. Зеркаль, И.К. Фоменко//Инженерная геология. - 2016. - №1.- С. 16-21
114. Золотарев, Г.С. Опыт классификации гравитационных движений горных пород на склонах в инженерно-геологических целях/Г.С. Золотарев//Ученые записки Моск. гос. ун-та. - 1956. - Вып. 176. Геология. - С. 135-173
115. Золотарев, Г.С. Инженерно-геологическое изучение береговых склонов и значение

- истории их формирования для оценки устойчивости//Вопросы устойчивости склонов: Тр. Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф.П. Саваренского, т. 35. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 14-35
116. Золотарев, Г.С. Инженерная геодинамика/Г.С. Золотарев. - М.: Изд-во МГУ, 1983. - 328 с.
117. Золотарев, Г.С. Методические основы инженерной геодинамики/Г.С. Золотарев // Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы. - М.: Недра, 1985. - С. 150-159
118. Золотарев, Г.С. Факторы, влияющие на изменение устойчивости лессовых склонов и прогноз оползней в лессовых породах/Г.С. Золотарев, О.В. Зеркаль//Проблемы сейсмологии и инж. геологии (Материалы междунар. конф., посвящ. 85-летию акад. Г.А. Мавлянова, 23-26.05.95). - Ташкент, ГГП Узбекгидрогеология, 1995. - С. 126-131
119. Золотарев, Г.С. Инженерно-геологическое изучение обвалов и других гравитационных явлений на горных склонах/Г.С. Золотарев, Калинин Э.В., Федоренко В.С. и др. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. -139 с.
120. Золотарев, Г.С. Основные проблемы инженерной геодинамики/Г.С. Золотарев, А.Г. Лыкошин//Инженерная геология в государственном планировании: XXIII Междунар. геол. конгр. Докл. советских геологов. Проблема 12. - М.: Наука, 1968. - С. 24-43
121. Зоненштайн, Л.П. Тектоника литосферных плит территории СССР/Л.П. Зоненштайн, М.И. Кузьмин, Л.М. Натапов. – М.: Недра, 1990. - Кн. 2. - 334 с.
122. Зуска, А.В. Кинематическая модель оползневых склонов/А.В. Зуска. - Днепрпетровск: Нац. горн. ун-т, 2014. - 140 с.
123. Зыонг, В.Б. Применение статистических методов на основе ГИС для оценки потенциального развития оползней в районе Шапа, Вьетнам/)/В.Б. Зыонг, И.К. Фоменко, Ч.К. Нгуен, Хонг Лиен Ви Тхи, О.В. Зеркаль, Х.Д. Ву//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – т. 333. - №4. – С. 126-140
124. Зыонг, В.Б. Влияние разрешения цифровой модели рельефа на картирование предрасположенности территории к развитию оползней/В.Б. Зыонг, И.К. Фоменко, Д.Т. Та, Ч.К. Нгуен, О.В. Зеркаль, Д.Н. Горобцов, Х.Д. Ву//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2023. - Т. 334. - №8. - С. 164-181
125. Зыонг, В.Б. Оценка оползневой опасности с использованием метода соотношения частот и комбинированного фрактально-частотного метода на примере города Тиньтук провинции Каобанг (Вьетнам)/В.Б. Зыонг, И.К. Фоменко, Ч.К. Нгуен, О.В. Зеркаль, О.Н. Сироткина, Х.Д. Ву//Записки Горного института. - 2024. - Т. 268. - С. 613-624
126. Иванов, И.П. Инженерная геодинамика/И.П. Иванов, Ю.Б. Тржцинский. - СПб.: Наука, 2001. - 415 с.

127. Инженерная геология СССР. Платформенные регионы европейской части СССР: в 2 кн./Е.М.Сергеев (гл. ред.). – М.: Недра, 1992, кн. 2. – 357 с.
128. Инженерная геология СССР. т. VIII Кавказ, Крым, Карпаты/Е.М.Сергеев (гл. ред.). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 366 с.
129. Иностранцев, А.А. Геология. Общий курс. т. I. Современные геологические явления (динамическая геология), петрография и стратиграфия/А.А. Иностранцев. - СПб.: Тип. М.М. Стасюлевича, 1885. - 494 с.
130. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации. Ч. II. Экзогенные геологические процессы. вып. 28-46/Сост. В.В.Маркаръян (до 2013), А.А. Вожик и др. - М.: «Гидроспецгеология», 2005-2022
131. Исаков, С.И. Землетрясения как важный фактор оползневых и обвально-осыпных процессов/С.И. Исаков, И.А. Идрисов, Е.В. Тулышева //Матер. научн.-практ. конф. «Мониторинг и прогнозирование природных катастроф» (к 40-летию Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года). – Махачкала, 2010. – С. 139-141 – Тр. Ин-та геологии Дагестанского НЦ РАН, Вып. 56
132. Кадетова, А.В. Техногенные факторы развития опасных геологических процессов на территории г. Иркутска/А.В. Кадетова, А.А. Рыбченко//Анализ, оценка и управление рисками на уровне региона: техногенные, природные и социальные аспекты/Сб. докл. обл. науч.-практ. конф. - Иркутск: Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, 2001. - С. 250-256
133. Казанцев, Р.А. Гигантский оползень на дне Чёрного моря/Р.А. Казанцев, В.В. Кругляков//Природа. – 1998. - №10. – С. 86-87
134. Калинин, В.Г. Изучение оползневой деятельности на берегах Камского водохранилища с применением ГИС-технологий/В.Г. Калинин, Н.Н. Назаров, С.В. Пьянков и др.//Геоморфология, 2004. - №4. - С. 55-62
135. Калинин, Э.В. Гравитационные склоновые процессы/Э.В. Калинин//Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России/под ред. В.Т. Трофимова и Э.В. Калинина. – М.: КДУ, 2013. – С. 202-260
136. Калинин, Э.В. Изменение напряженно-деформированного состояния массивов горных пород при прохождении сейсмических волн/Э.В. Калинин, О.В. Зеркаль, Л.Л. Панасьян//Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. - 2004. - №3. - С. 265-272
137. Карта распространения оползней на территории Европейской части СССР и Кавказа/сост. В.В. Кюнтцель, Н.С. Сергеева, Г.И. Тарасова
138. Карта экзогенных геологических процессов России (Пояснительная записка)//Сост. А.И. Шеко, В.С. Круподеров, М.М. Максимов и др. – М.: ВСЕГИНГЕО, 2001. - 110 с.

139. Кизевальтер, Д.С. Геоморфология и четвертичная геология (Геоморфология и генетические типы отложений)/Д.С. Кизевальтер, Г.И. Раскатов, А.А. Рыжова. - М.: Недра, 1981. - 215 с.
140. Клевцов, И.А. Оползни Северного Кавказа, их типы, условия образования и меры борьбы с ними/И.А. Клевцов//Оползни и борьба с ними: Тр. Сев.-Кав. науч.-произв. семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними (16-22.05.1960, Ставрополь). – Ставрополь, Ставр. кн. изд-во, 1964. - С. 85-133
141. Кнорре, М.Е. Оползни и меры борьбы с ними/М.Е. Кнорре, С.К. Абрамов, И.О. Рогозин. - М.: Стройиздат, 1951. - 171 с.
142. Козырева, Е.А. Катастрофическая активизация оползней – результат техногенных воздействий на геологическую среду/Е.А. Козырева, Ю.Б. Тржцинский, А.В. Труфанов, Е.В. Федоренко//Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии - Иркутск, Изд-во ИЗК СО РАН, 2006. – Вып. 5. – с. 138-149
143. Копп, М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы/М.Л. Копп. – М.: Наука, 2005. - 340 с. - (Тр. ГИН Р)
144. Корабельников, Н.А. Основные принципы разномасштабных пространственных прогнозов развития оползней на примере Воронежской области/Н.А. Корабельников, Д.В. Кудинова//Инженерные изыскания в строительстве: Матер. II Общеросс. научн.-практ. конф. молодых специалистов (27.04.2018 г.). – М.: Геомаркетинг, 2018. - С. 141-147
145. Королёв, В.А. Методология научных исследований в инженерной геологии/В.А. Королёв. - М.: ООО СамПолиграфист, 2020. - 353 с.
146. Королёв, В.А. Инженерная геология: история, методология и номологические основы/В.А. Королёв, В.Т.Трофимов. – М.: Изд-во КДУ, 2016. – 292 с.
147. Королёв, И.Б. Экологическое воздействие опасных экзогенных геологических процессов в период катастрофического паводка в Северо-Кавказском регионе в июне 2002 г./И.Б. Королёв, Г.М. Мельникова, О.В. Зеркаль, Х.М. Ульбашев, Е.Н. Успенский//Проблемы инженерной геодинамики и экологической геодинамики: Тр. Междунар. научн. конф. (Москва, 02-03.02.2006)/под ред. В.Т. Трофимова и А.В.Королева. – М.: Изд-во МГУ, 2006. - С. 93-94
148. Короновский, Н.В. Общая геология/Н.В. Короновский. - М.: КДУ, 2006. - 528 с.
149. Котов, А.Б. Возраст амурской серии Буреинско-Цзямусинского супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса: результаты Sm-Nd-изотопных исследований / А.Б. Котов, С.Д. Великославинский, А.А. Сорокин, Л.Н. Котова, А.П. Сорокин, А.М. Ларин, В.П. Ковач, Н.Ю. Загорная, А.В. Кургузова//Доклады Академии наук. 2009. - т. 428. - №5. - С. 637-640
150. Котюжан, А.И. Устойчивость склонов на Загорской ГАЭС: уроки изысканий,

- проектирования, строительства/А.И. Котюжан, А.И. Юдкевич //Гидротехническое строительство. – 1988. - №6. - С. 22-28
151. Краев, В.Ф. Общая классификация оползней/В.Ф. Краев//Основания и фундаменты: Респ. межведомств. науч.- техн. сб. – Киев: Будівельник, 1987, вып. 20. - С. 37-39
152. Красный, Л.И. Глобальная система геоблоков. – М.: Недра, 1984. – 223 с.
153. Красовская, И.А. Классификация оползней и масштабы их распространения на территории Беларуси/И.А. Красовская, И.И. Косинова, С.В. Андрушко, А.И. Павловский, А.Н. Галкин//Літасфера. - 2022. - №1(56). - С. 20-29
154. Крепша, Н.В. Опасные природные процессы/Н.В. Крепша. - Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2014. - 290 с.
155. Кропоткин, М.П. Гравитационные склоновые процессы - возможная общая классификация/М.П. Кропоткин//Инженерная геология. - 2017. - №4. - С. 28-38
156. Круковский, Г.Л. Вероятностное прогнозирование склоновых процессов (на примере оползней верховьев р. Чирчика)/Г.Л. Круковский//Динамика горных склонов Чаткало-Кураминской зоны. – Ташкент: Фан, 1977. – С. 136-157
157. Круподеров, В.С. Карта оценки интенсивности проявления современных геологических процессов и геологических опасностей освоения территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000/В.С. Круподеров, Б.М. Крестин, И.В. Мальнева, В.И. Дьяконова//Геозкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. - 2012. - №5. - С. 389-397
158. Круткина, О.Н. Новый методический подход к оценке суммарной геологической опасности территории и технология создания соответствующей геоинформационной системы (Северо-Кавказский регион)/О.Н. Круткина, Г.М. Шор, В.В. Снежко и др.//Региональная геология и металлогения. - 2010. - №44. - С. 104-115
159. Круть, И.В. Развитие общенаучных оснований геологии: историко-теоретические очерки/И.В. Круть. – М.: Наука, 1995. - 287 с.
160. Кудинова, Д.В. Методы разномасштабного прогнозного районирования оползневых процессов/Д.В. Кудинова, Н.А. Корабельников//Актуальные проблемы гидрогеологических, инженерно-геологических и геозкологических исследований: Матер. Всеросс. научн.-практ. конф. Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геозкологии ВГУ (Воронеж, 25-26.10.2019 г.). - Воронеж: ИПЦ "Научная книга", 2020. - С. 41-46
161. Кудрявцев, В. Историческое описание города Василя Нижегородской губернии / В. Кудрявцев//Нижегородский сборник, 1877, т. 6
162. Кузин, А.А. Оценка оползневой опасности территорий на основе геоинформационных систем/А.А. Кузин, В.П. Ковшов, Ю.М. Волкова//Научные исследования. - 2017. - №1(12). - С. 6-10

163. Кусковский, В.С. Оползни, спровоцированные созданием крупных водохранилищ на р. Енисей/В.С. Кусковский//Пробл. геол. Сибири: Тез. докл. науч. конф., посвящ. 75-летию геол. образ. в Томск. гос. ун-те (Томск, 3-5 апр., 1996). – Томск, 1996, т. 2. - С. 312-313
164. Кучай, В.К. Прогнозирование оползней/В.К. Кучай//Советская геология. – 1973. - №3. - С. 128-132
165. Кучай, В.К. Расчет повторяемости и активности оползневых процессов/В.К. Кучай//Советская геология. – 1975. - №5. - С. 142-149
166. Кучай, В.К. Оползневой режим и принципы районирования оползневых явлений/В.К. Кучай, В.В. Курамжина//Советская геология. – 1978. - №12. – С. 115-120
167. Кучай, В.К. Количественные основания оползневого прогнозирования//Современные методы прогноза оползневого процесса/В.К. Кучай. – М.: Наука, 1981. - С. 55-61
168. Кушнер, С.Г. Влияние техногенных факторов на оползнеобразование в лессовых грунтах/С.Г. Кушнер//Основания, фундаменты и механика грунтов. - 2001. - №2. - С. 2-5
169. Кюнтцель, В.В. Закономерности оползневого процесса на Европейской территории СССР/В.В. Кюнтцель. - М.: Недра, 1980. - 213 с.
170. Ландшафтная карта СССР/отв. ред. И.С. Гудилин. - М.: Гидроспецгеология, 1980
171. Ле Пишон, К. Тектоника плит/К. Ле Пишон, Ж. Франшто, Ж. Боннин. - М.: Мир, 1977. - 288 с.
172. Левинсон-Лессинг, Ф.Ю. Введение в геологию/Ф.Ю. Левинсон-Лессинг. - Петроград: Науч. хим.-техн. изд-во, 1923. - 320 с.
173. Лейбниц, Г.В. Сочинения/Г.В. Лейбниц. - в 4 т. - М.: Мысль, 1982. - т. 1. - 636 с.
174. Леонов, В.Л. Обвалы и оползни на территории Корякского автономного округа, связанная с ними опасность и факторы, ее определяющие/В.Л. Леонов, О.Н. Егоров //Вопросы географии Камчатки. – Петропавловск-Камчатский, Изд-во КамГУ, 2005, Вып. 11. - С. 31-50
175. Леонов, М.Г. Олисторомы в структуре складчатых областей/М.Г. Леонов. - М.: Наука, 1981. - 175 с. - Тр. ГИН, Вып. 344
176. Леонов, Ю.Г. Урало-Герирудский трансконтинентальный постколлизийный сдвиг и его роль в формировании структуры земной коры/Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож, М.П. Антипов, Т.Н. Хераскова//Геотектоника. - 2015. - №6. - С. 52-64
177. Леонова, А.В. Оценка оползневых процессов на территории г. Томска с использованием ГИС-технологий/А.В. Леонова, Л.А. Строкова, А.Н. Никитенков//Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. - 2021. - №1. - С. 94-103
178. Леонтьев, О.К. Общая геоморфология: Учеб. пособие для географ. специальностей вузов/О.К. Леонтьев, Г.И. Рычагов. - М.: Высшая школа, 1979. - 287 с.
179. Ломтадзе, В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика/В.Д. Ломтадзе. - Л.:

Недра, 1977. - 480 с.

180. Ломтадзе, В.Д. Словарь по инженерной геологии/В.Д. Ломтадзе. - СПб: Санкт-Петербургский горн. ин-т, 1999. – 360 с.

181. Лужецкий, А.Н. Оползни Черноморского побережья Украины/А.Н. Лужецкий, И.Ф. Ерыш, А.А. Коджаспиров, П.Н. Науменко/Под ред. А.Н. Лужецкого. - М.: Недра, 1977. - 103 с.

182. Маккавеев, А.А. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии/А.А. Маккавеев. - Изд. 2-е, исп. и дополн. – М.: Недра, 1971. – 216 с.

183. Мальнева, И.В., Кононова Н.К. Районирование территории по совокупности и изменчивости быстроизменяющихся факторов для мониторинга экзогенных геологических процессов//Геологическое изучение и использование недр. - М.: Геоинформмарк, 2001. - Вып. 6. - С. 52-57

184. Мананкова, Т.И. Морфоскульптура суши. Словарь-справочник/Т.И. Мананкова. - Горно-Алтайск: ГАГУ, 2006. - 126 с.

185. Марданов, И.И. Исследования главных факторов при изучении трансформаций оползневых ландшафтов/И.И. Марданов, Ф.М. Гаджи-заде, Т.А. Алиев//Вестник Санкт-Петербургского университета. - Сер. 7, Геология, география. – 2012. – Вып. 2. – С. 118-125

186. Маслов, Н.Н. Инженерная геология (основы геотехники)/Н.Н. Маслов. – М.-Л.: Госстройиздат, 1941. – 432 с.

187. Маслов, Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве/Н.Н. Маслов. – М.-Л.: Гос. энерг. изд-во, 1955. - 467 с.

188. Маслов, Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними)/Н.Н. Маслов. – М.: Стройиздат, 1977. – 320 с.

189. Маслов, Н.Н. Инженерная геология/Н.Н. Маслов, М.Ф. Котов. – М.: Стройиздат, 1971. – 342 с.

190. Маций, С.И., Безуглова Е.В. Управление оползневым риском/С.И. Маций, Е.В. Безуглова. – Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. – 240 с.

191. Методика изучения и прогноза экзогенных геологических процессов/под ред. А.И. Шеко, С.Е. Гречищева. – М.: Недра, 1988. - 216 с.

192. Методика инженерно-геологических исследований высоких обвальных и оползневых склонов//под ред. Г.С.Золотарева и М.Янича. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. - 184 с.

193. Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды. Сост. А.И.Шеко, Г.П.Постоев, В.С.Круподеров и др. – М., ВСЕГИНГЕО, 1999. - 78 с.

194. Методические рекомендации по составлению карты экзогенных геологических

процессов СССР масштаба 1 : 2 500 000/Сост. Н.М. Васильева, Г.Ф. Гравис, В.П. Елкина и др. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1985. – 32 с.

195. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости//Сборник нормативных материалов по маркшейдерскому и геологическому обеспечению горных работ в угольной отрасли России. – М.: ИПКОН, 1998. – С. 558-686

196. Методическое пособие по составлению мелкомасштабных карт четвертичных образований к Госгеолкарте-1000/3 /Под ред. Е.А. Мининой, В.В. Старченко. - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. - 190 с.

197. Методы долговременных региональных прогнозов экзогенных геологических процессов/под ред. А.И. Шеко, В.С. Круподерова. - М.: Недра, 1984. - 167 с.

198. Минина, М.В. Районирование территории на основе оценки оползневого потенциала с целью обоснования системы инженерной противооползневой защиты/М.В. Минина, В.А. Королёв//Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий/Сергеевские чтения: Матер. Годичной сессии Научн. Совета РАН по проблемам геоэкологии, инж. Геологии и гидрогеологии (Москва, 22.03.2012). – М.: РУДН, 2012, вып. 14. – С. 124-128

199. Михно, В.Б. Карстовые и оползневые системы/В.Б. Михно, В.Н. Бевз. - Воронеж: ВГУ, 2003. - 67 с.

200. Михно, В.Б. Суффозионно-оползнево-водородные меловые ландшафты/В.Б. Михно, О.П. Быковская//Эколого-географический атлас-книга Воронежской области. - Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2013. - С. 212-213

201. Мороз, С.А. Методология геологической науки/С.А. Мороз, В.И. Оноприенко. – Киев: Выща школа, 1985. - 199 с.

202. Муратов, М.В. О миоценовой и плиоценовой истории развития Крымского полуострова/М.В. Муратов//Бюлл. Моск. об-ва исп. природы. Отд. геол. - 1954. - Т. 29. - №1. - С. 4-20

203. Мушкетов, И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г./И.В. Мушкетов//Тр. Геол. ком. – 1890. – т. 10. - №1. – 154 с.

204. Мушкетов, И.В. Физическая геология. т. II. Денудационные процессы (геологическая деятельность атмосферы и воды)/И.В. Мушкетов. – СПб: Тип. Ю.Н. Эрлиха, 1906. – 481 с.

205. Мушкетов, И.В. Физическая геология. т. II. Денудационные процессы (геологическая деятельность атмосферы, подземной и проточной воды, озер, моря, снега и льда)/И.В. Мушкетов. – Л.-М.: Госуд. изд-во, 1925. – 542 с.

206. Нгуен, Ч.К. Оценка оползневой риска (на примере северо-западной части провинции

- Лаокай, Вьетнам)/Ч.К. Нгуен, И.К. Фоменко, О.В. Зеркаль, В.В. Пендин//Инженерная геология. – 2018. - т. 13. - №3. - С. 40-53
207. Ненахов, В.М. Олисторомы, их генезис и особенности строения/В.М. Ненахов, В.Ю. Лыточкин, А.С. Перфильев, Л.В. Кузнецов//Геологическое картирование хаотических комплексов. - М.: Роскомнедра-Геокарт, 1992. - С. 11-43
208. Николаев, Н.И. О зональности в распространении новейших континентальных отложений/Н.И. Николаев//Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. – 1947а. - №10. – С. 5-16
209. Николаев, Н.И. Опыт построения классификации физико-геологических процессов и явлений, имеющих инженерное значение/Н.И. Николаев//Вопросы географии. – 1947б. – сб. 4. – С. 115-128
210. Николаев, Н.И. Опыт построения классификации экзогенных физико-геологических процессов/Н.И. Николаев//Тр. комиссии по изучению четвертичного периода. – 1948а. – вып. VII. – С. 3-13
211. Николаев, Н.И. Основные вопросы региональной инженерной геологии и районирования Заволжья как пример регионального инженерно-геологического исследования/Н.И. Николаев // Вопросы теоретической и прикладной геологии. -1948б. - сб. 5. - С. 66-68
212. Николаев, Н.И. Схематическая карта районов распространения геологических явлений на территории Европейской части СССР и Кавказа/Н.И. Николаев, И.В. Попов//Природные физико-геологические и инженерно-геологические процессы и явления. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 3
213. Ниметулаева, Г.Ш. Изучение оползневых явлений с целью выявления глобальных факторов/Г.Ш. Ниметулаева//Культура народов Причерноморья. - 2006. - №79. - С. 17-20
214. Нифантов, А.П. Оползни: теория и практика их изучения/А.П. Нифантов. – М.-Л.: ОНТИ, 1935. - 204 с.
215. Нифантов, А.П. Оползни и инженерное строительство на Южном берегу Крыма/А.П. Нифантов. – Симферополь: Гос. изд-во Крымской АССР, 1940. – 181 с.
216. Ниязов, Р.А. Формирование крупных оползней Средней Азии/Р.А. Ниязов. - Ташкент: Фан, 1982. - 254 с.
217. Новейший и современный вулканизм на территории России/Отв. ред. Н.П. Лаверов. – М.: Наука, 2005. – 604 с.
218. Новик, Н.Н. Оползни района г. Феодосия/Н.Н. Новик, Л.С. Борисенко, В.И. Гук и др.//Геологический журнал. – 1985. - т.45. - №4. – С. 110-117
219. Новик, Н.Н. Основные факторы и этапность оползнеобразования в пределах Алушкинско-Симеизского участка в Крыму/Н.Н. Новик, Л.С. Борисенко, В.Н. Саломатин,

Г.В. Столбовая//Инженерная геология. – 1988. - №4. - С. 74-84

220. Новые идеи и теоретические аспекты инженерной геологии: Тр. Междунар. научной конференции (Москва, МГУ, 04.02.2021 г.)/Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королёва – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2021. - 334 с.

221. Обручев, В.А. Полевая геология/В.А. Обручев. - 3 изд. испр. и доп. – М.-Л.: Гос. науч.-техн. изд-во, 1931. - т. 2. - 318 с.

222. Объяснительная записка к Тектонической карте Баренцева моря и Северной части Европейской России масштаба 1:2500000/Сост. В.И. Богацкий, Н.А. Богданов, С.Л. Костюченко и др./отв. ред. Н.А. Богданов, В.Е. Хаин. – М.: Ин-т литосферы, 1996. – 94 с.

223. Оводов, К.С. Опыт динамико-морфогенетической классификации оползневых явлений/К.С. Оводов//Изв. Воронежского гос. педагогич. ин-та. - 1948. - т. X. - вып. II. - С. 111-122

224. Оводов, К.С. Типы оползневых явлений Воронежской и смежных областей / К.С. Оводов//Изв. Воронежск. отд. Геогр. о-ва СССР. – 1957. - вып. 1. - С. 67-71

225. Овчинников, Г.И. Изменение геологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ/Г.И. Овчинников, С.Х. Павлов, Ю.Б. Тржцинский. – Новосибирск: Наука, Сиб. изд. фирма РАН, 1999. – 254 с.

226. Опасные экзогенные процессы/под ред. В.И.Осипова. – М.: ГЕОС, 1999. – 290 с.

227. Козловский, Л.Л. Оползни горной части Северного Кавказа, их изучение и прогноз активизации/Л.Л. Козловский, А.В. Козлов, Н.С. Красилова и др.//Инженерная геология: теория, практика, проблемы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. - С. 130-142

228. Оползни//Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона. – СПб: Типо-Литография И.А. Ефрона, 1897. - т. XXII. - С. 32-33

229. Оценка устойчивости бортов карьеров (разрезов) и отвалов: метод. указания/сост. А.А. Григорьев, Е.В. Горбунова, А.Н. Девяткина. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. - 37 с.

230. Павлов, А.П. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья/А.П. Павлов. - М.: Университетская тип., 1903. - 124 с.

231. Павлов, А.В. Оползни, обвалы, провалы (Приложение к инструкции для технического надзора за состоянием местности, по которой пролегает путь Тимирязево-Нижегородской линии Московско-Казанской жел. дороги на берегу реки Оки около Нижнего Новгорода)/А.П. Павлов. – М.: «Печатня С.П.Яковлева», 1905. – 13 с.

232. Паллас, П.С. Наблюдения, сделанные во время путешествия по южным наместничествам Русского государства в 1793-1794 годах/П.С. Паллас. - М.: Наука, 1999. - 246 с.

233. Панов, Д.И. Стратиграфия нижне-среднеюрских отложений Северо-Западного Кавказа/Д.И. Панов, Н.И. Пруцкий//Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. – 1983.

– т. 58. – вып. 1. – С. 94-112

234. Панюков, П.Н. Инженерная геология/П.Н. Панюков. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 343 с.
235. Панюков, П.Н. Инженерная геология/П.Н. Панюков. – М.: Недра, 1978. – 296 с.
236. Пармузин, Ю.П. Словарь по физической географии/Ю.П. Пармузин, Г.В. Карпов. – М.: Просвещение, 1984. – 367 с.
237. Парначёв, В.П., Парначёв С.В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска: Матер. к полевой геол. экскурсии/В.П. Парначёв, С.В. Парначёв. - Томск: Томский гос. ун-т, 2010. - 144 с.
238. Пеллинен, В.А. Принципы создания классификаций оползней: краткий обзор / В.А. Пеллинен//Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. – 2012. - №8. – С. 52-55
239. Пендин, В.В. Методология оценки и прогноза оползневой опасности/В.В. Пендин, И.К. Фоменко. – М.: Ленанд, 2015. – 320 с.
240. Пенк, В. Морфологический анализ/В. Пенк. - М.: Госгеографиздат, 1961. - 359 с. (оригинальная работа – Penck W. Die morphologische analise. – Stuttgart: Verlag von J. Engelhorn's Nachf., 1924)
241. Перов, В.Ф. Классификация экзогенных процессов горных стран//Геоморфология. - 1981. - №1. - С. 3-7
242. Петров, Н.Ф. Оползневые системы. Простые оползни (аспекты классификации)/Н.Ф. Петров. - Кишинев: Штиинца, 1987. - 162 с.
243. Петров, Н.Ф. Оползневые системы. Сложные оползни (аспекты классификации)/Н.Ф. Петров. - Кишинев: Штиинца, 1988. - 226 с.
244. Петров, Н.Ф. Номенклатурные таксоны оползней/Н.Ф. Петров//Вестник Чувашского университета. - 2006. - №2. - С. 183-195
245. Петров, Н.Ф. Некоторые замечания к объемам понятий и к терминологии склоновых гравитационных движений горных пород/Н.Ф. Петров, И.В. Никонорова//Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: Матер. XVI Общеросс. научн.-практ. конф. изыскательских организаций (Москва, 01-03.12.2021 г.). – М.: Геомаркетинг, 2021. - С. 121-126
246. Петров, Н.Ф. Структурное оползневедение: аспекты классификации/Н.Ф. Петров, И.В. Никонорова, О.В.Никитина. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2017. – 218 с.
247. Погребов, Н.Ф. Сравнительная характеристика оползневых районов СССР / Н.Ф. Погребов //Тр. I Всесоюзного оползневого совещания. – Л.-М.: ОНТИ, 1935. - С. 199-212
248. Подгорная, Т.И. Анализ опасности и риска природно-техногенных процессов для строительства/Т.И. Подгорная. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. - 103 с.
249. Попов, И.В. Принципы естественной классификации оползней/И.В. Попов//Докл. АН

СССР. – 1946. – т. LIV. - №2. – С. 157-159

250. Попов. И.В. Опыт составления обзорных инженерно-геологических карт / И.В. Попов//Труды Моск. геол.-разв. ин-та. – 1954. - т. XXVI. – С. 82-94

251. Попов. И.В. Инженерная геология/И.В. Попов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1959. – 510 с.

252. Попов. И.В. К теории оползневого процесса/И.В. Попов//Тр. Лабор. гидрогеол. проблем им. Ф.П. Саваренского АН СССР. - 1961. - т. 35. - С. 77-82

253. Попов. И.В. Региональные и зональные закономерности возникновения и развития склоновых процессов и их отложений/И.В. Попов, Н.П. Костенко//Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР, вып. 12: Матер. Среднеазиатск. совещ. по вопросам изучения оползней и борьбы с ними. – Дунашбе, Дониш, 1968. - С. 19-34

254. Постоев. Г.П. Классификация оползней по механизму нарушения равновесия массива пород/Г.П. Постоев//Изучение режима экзогенных геологических процессов в районах интенсивного хозяйственного освоения. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1988. - С. 52-64

255. Постоев. Г.П. Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований)/Г.П. Постоев. – М.-СПб.: Нестор-История, 2013. – 100 с.

256. Преображенский. И.А. Усойский завал/И.А. Преображенский//Материалы по общей и прикладной геологии, вып. 14. – Петроград, 1920. – 21 с.

257. Пржиялговский, Е.С. Геологические факторы локализации оползней в районе Бишкекского геодинамического полигона в предгорьях Киргизского хребта / Е.С. Пржиялговский//Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: Матер. XLVII Тектонического совещания. - М.: ГЕОС, 2015. - Т. 2. - С. 54-57

258. Пчелинцев, В.Ф. Оползневые явления на южном берегу Крыма: Сб. работ Оползневой станции №3/В.Ф. Пчелинцев, Н.Ф. Погребов – Л.-М.: ОНТИ, 1936. - 196 с.

259. Рейтер, Ф. Инженерная геология: пер. с нем./Ф. Рейтер, К. Кленгель, Я. Пашек. – М.: Недра, 1983. – 528 с.

260. Рзаева, М.К. Инженерно-геологический анализ применения противооползневых мероприятий на Черноморском побережье Крыма и Кавказа/М.К. Рзаева, И.О.Тихвинский, М.П. Самохвалова и др. - М.: Стройиздат, 1976. - 232 с.

261. Родионов, В.Е. Схема классификации оползневых явлений Черноморского побережья Кавказа по морфолого-генетическим признакам/В.Е. Родионов//Разведка недр. - 1937. - №22. - С. 19-34

262. Розовский, Л.Б. Введение в теорию геологического подобия и моделирования/ Л.Б. Розовский. - М.: Недра, 1969. - 125 с.

263. Рудько, Г.И. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты)/Г.И. Рудько, И.Ф. Ерыш. – Киев: «Задруга», 2006. – 624 с.
264. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в оползневых районах/Сост. М.К. Рзаева, Н.И. Дьяконова, В.Я. Гун и др. - М.: Фондментпроект, 1966. - 79 с.
265. Рытов, С.А. Особенности оценки устойчивости склонов в инженерно-геологических условиях Республики Крым/С.А. Рытов, И.М. Иовлев, А.С. Шишарин//Вестник НИЦ «Строительство». - 2019. - №1(20). - С. 67-75
266. Рычагов, Г.И. Общая геоморфология/Г.И. Рычагов. - 3 изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 416 с.
267. Саваренский, Ф.П. Опыт построения классификации оползней/Ф.П. Саваренский//Тр. I Всесоюзного оползневого совещания. – Л.-М.: ОНТИ, 1935. - С. 29-37
268. Саваренский, Ф.П. Инженерная геология/Ф.П. Саваренский. – М.-Л.: ОНТИ, 1937. - 422 с.
269. Саваренский, Ф.П. Инженерная геология/Ф.П. Саваренский. – М.-Л.: ОНТИ, 1939. - 488 с.
270. Садовский, В.Н. Основания общей теории систем: Логико-методологический анализ/В.Н. Садовский. – М.: Наука, 1974. - 250 с.
271. Сашурин, А.Д., Яковлев А.В., Наумов В.А. Исследование причин и организация мониторинга оползневых явлений на Коршуновском карьере//Промышленная безопасность и эффективность новых технологий в горном деле: Междунар. научно-практ. конф. "Горное дело - 2000" (Москва, 23-25.05.2000). - М.: Изд-во МГТУ, 2001. - С. 360-368
272. Седенко, М.В. Гидрогеология и инженерная геология/М.В. Седенко. - М.: Недра, 1971. - 272 с.
273. Седов, Л.И. Методы подобия и размерности в механике/Л.И. Седов. - М.: Наука, 1981. - 447 с.
274. Семенов, Р.М. Словарь по инженерной геологии/Р.М. Семенов, В.С. Имаев. - Иркутск-Нерюнгри, 2007. - 76 с.
275. Семикина, С.С. Оценка оползневой опасности береговых склонов на территории города Барнаула/С.С. Семикина, П.В. Сотников//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2017. - Т. 328. - №7. - С. 67-75
276. Семихатов, А.Н. О нивелированных оползнях южной части Саратовского Поволжья/А.Н. Семихатов//Зап. Геол. общ. люб. ест. - М., 1914. - т. II. - С. 131-133;
277. Сергеев, Е.М. Инженерная геология/Е.М. Сергеев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 384 с.
278. Симонов, Ю.Г. Введение в динамическую геоморфологию//Динамическая геоморфология/Ю.Г. Симонов. - Под ред. Г.С. Ананьева, Ю.Г. Симонова, А.И. Спиридонова. - М.: Изд-во МГУ, 1992. - С. 5-23

279. Симонян, В.В. Изучение оползневых процессов геодезическими методами/В.В. Симонян. - М.: МГСУ, 2011. - 172 с.
280. Скинер, М. География. А-Я: Словарь-справочник/Пер. с англ. К.С. Ткаченко/М. Скинер, Д. Редфери, Д. Фармер. – М.: Фаир-Пресс, 1999. – 528 с.
281. Славин, В.И. Современные геологические процессы в Юго-Западном Крыму/В.И. Славин. - 2 изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. – 196 с.
282. Славянов, В.Н. Некоторые вопросы стадийности развития оползневых явлений/В.Н. Славянов//Докл. АН СССР. – 1951. - т. LXXIX. - №1. - С. 121-124
283. Рассказов, И.Ю. Современное напряженно-деформированное состояние верхних уровней земной коры Амурской литосферной плиты/И.Ю. Рассказов, Б.Г. Саксин, В.А. Петров и др.//Физика земли, 2014, № 3, с. 144-153
284. Спасская, К.А. Выявление потенциальной оползневой опасности на этапе выбора направления трассы железной дороги/К.А. Спасская//Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. - 2014. - Т. 1. - С. 146-151
285. Справочник по геологии/В.О. Соловьев, С.В. Кривуля, В.А. Терещенко и др. – Харьков: Колорит, 2013. – 328 с.
286. Справочник по инженерной геологии/Изд. 2, перераб. и доп. Под общ. ред. М.В. Чуринова. – М.: Недра, 1974. – 408 с.
287. Стоу, Д.А.В. Морские глубоководные терригенные отложения//Обстановки осадконакопления и фации/Д.А.В. Стоу. - в 2-х т. Т. 2: Пер. с англ./Под ред. Х. Рединга. - М.: Мир, 1990. - С. 141-194
288. Стром, А.Л. Каменные лавины на Скалистом хребте (Северный Кавказ, долина Ардона)/А.Л. Стром//Тез. докл. Междунар. конф. «Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах» (Владикавказ, 23-26.06.2004 г.). - Владикавказ, 2004. - С. 29-30
289. Стратиграфический кодекс. - СПб: ВСЕГЕИ, 2019. - 96 с.
290. Тарабукин, В.В. Оценка сейсмогенного характера оползней на основе ретроспективного анализа устойчивости склонов (на примере Горного Дагестана)/В.В. Тарабукин, И.К. Фоменко, А.Л. Стром, О.В. Зеркаль, А.Д. Кабирова//Инновационные технологии в решении актуальных проблем сейсмологии, гидрогеологии и инженерной геологии: Матер. междунар. научн. конф., посвященной 110-летию акад. Г.А. Мавлянова. - Ташкент, Ин-т сейсмологии АН РУз, 2020. - С. 245-249
291. Тектонические концепции, гипотезы, теории//Планета Земля. т. "Тектоника и геодинамика"/Л.И.Красный, О.В.Петров, Б.А.Блюман (ред.). – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. - С. 323-380
292. Тектонический кодекс России/Г.С. Гусев, Н.В. Межеловский, А.В. Гуцин и др. – М.:

ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2016. – 240 с.

293. Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы/под ред. Е.М.Сергеева. – М.: Недра, 1985. – 332 с.
294. Тёркот, Д. Геодинамика: Геологические приложения физики сплошных сред/Д. Тёркот, Д. Щуберт. – М.: Мир, 1985. – ч. I. – 376 с.
295. Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии/Сост. Е.М. Пашкин, А.А. Каган, Н.Ф. Кривоногова; под ред. Е.М. Пашкина. – М.: КДУ, 2011. - 952 с.
296. Терцаги, К. Инженерная геология/К. Терцаги. – М.-Л.: Георазведиздат, 1932. - 350 с.
297. Терцаги, К. Механизм оползней/К. Терцаги//Проблемы инженерной геологии. Вып. 1. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1958. - С. 174-219 (оригинальная статья – Terzaghi K. Mechanism of landslides//Application of geol. to engin. practice. – New York: Geol. Soc. of America. – 1950. – pp. 83-123)
298. Тимофеева, Т.А. Факторы, определяющие снижение прочности пород в зоне оползневого смещения/Т.А. Тимофеева, Н.Б. Черненко//Исследование устойчивости геотехнических сооружений: Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТ. - Днепропетровск, 1992. - Вып. 284. - С. 53-57
299. Тихвинский, И.О. К вопросу об использовании метода оползневого потенциала/И.О. Тихвинский//Матер. научн.-техн. конф. «Разработка методов прогнозной оценки развития оползневых явлений в условиях горно-складчатых областей альпийского орогена». – Тбилиси: Мецинереба, 1978. – С. 52-56
300. Тихвинский, И.О. Факторы развития оползней/И.О. Тихвинский//Экзогенные геологические опасности/под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. – М.: Крук, 2002. - С. 263-265
301. Тржцинский, Ю.Б. Глубокие оползни Восточной Сибири (Россия) / Ю.Б. Тржцинский//Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология.– 1996. - №4. - С. 74-88
302. Трифонов, В.Г. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Кавказско-Каспийского региона и ее соотношение со строением верхней мантии/В.Г. Трифонов, С.Ю. Соколов, С.А. Соколов, Х. Хессами//Геотектоника. - 2020. - №3. - С. 55-81
303. Трифонов, Г.Ф. Методологические проблемы синтеза геологических знаний/Г.Ф. Трифонов. – Чебоксары, Изд-во Чувашск. ун-та, 1997. - 224 с.
304. Трофимов, В.Т. О путях учета закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий при районировании крупных территорий / В.Т. Трофимов//Инженерная геология. – 1979. - №1. – С. 38-46
305. Трофимов, В.Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли / В.Т. Трофимов. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 348 с.
306. Трофимов, В.Т. Теоретические аспекты инженерной геологии/В.Т. Трофимов. – М.: Изд-

во «Акад. книга» ООО «Геомаркетинг», 2019. – 280 с.

307. Трофимов, В.Т. Инженерная геология/В.Т. Трофимов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2023а. – 573 с.
308. Трофимов, В.Т. О ряде неопределенностей теоретических и терминологических позиций инженерной геодинамики/В.Т. Трофимов//Инженерная геология. – 2023б. – т. XVIII. - №1. – С. 6-15
309. Трофимов, В.Т. Теоретические основы региональной инженерной геологии/В.Т. Трофимов, Т.И. Аверкина. – М.: Геос, 2007. - 464 с.
310. Трофимов, В.Т. Инженерная геодинамика//В.Т. Трофимов, В.А. Королёв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2023. – 442 с.
311. Труш, Н.И. Гравитационные процессы/Н.И. Труш, М.В. Пиотровский//Экзогенные геологические процессы и явления (Южная Якутия). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. - С. 82-88
312. Фатькин, К.Б. Применение методики АВО-анализа для оценки оползневой опасности/К.Б. Фатькин//Стратегия и процессы освоения георесурсов. - Пермь, 2009. - С. 182-184
313. Федоренко, В.С. Методика инженерно-геологического обоснования комплексных схем инженерной защиты высокогорных территорий от оползней, обвалов и селей/В.С. Федоренко//Инженерная геология. – 1982. - №4. - С. 3-17
314. Федоренко, В.С. Горные оползни и обвалы, их прогноз/В.С. Федоренко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. - 214 с.
315. Философия и методология науки/под ред. В.И.Купцова.- М.: Аспект Пресс 1996. - 551 с.
316. Фисенко, Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов/Г.Л. Фисенко. – М.: Недра, 1965. – 378 с.
317. Фоменко, И.К. Оценка устойчивости склонов при инженерных изысканиях: нормативные требования и проблемы их выполнения//И.К. Фоменко, О.В. Зеркаль//Инженерные изыскания. - 2016. - №10-11. - С. 64-70
318. Френкель, А.В. Криогенные оползни Центрального Ямала/А.В. Френкель//Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию фак. географии и геоинформатики Белорус. гос. ун-та и 65-летию Белорус. геогр. о-ва (Минск, 13-15.11.2019 г.). - Минск: Белорус. гос. ун-т, 2019. - С. 270-273
319. Фридман, Б.И. Ландшафтно-геоморфологическая характеристика оползневых ландшафтов Окско-Волжского Нижегородского откоса/Б.И. Фридман, Н.В. Манаева // Геоморфология. – 2011. - №3. – С. 73-84
320. Фролов, В.Т. Мезозойские и кайнозойские формации Крыма/В.Т. Фролов//Бюлл. Моск.

об-ва испытателей природы. Отд. геол. – 1998. – т. 73. – вып. 5. – С. 39-48

321. Фролов, В.Т. Наука геология: философский анализ/В.Т. Фролов. - М.: Изд-во МГУ, 2004. - 128 с.

322. Фролов, В.Т., Бондаренко Н.А. Кавказский формационный ряд. Статья. 1. Нижняя и средняя юра/В.Т. Фролов, Н.А. Бондаренко//Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. – 2005. – т. 80. – вып. 1. – С. 13-25

323. Фролова, Ю.В. Гидротермальные преобразования пород как фактор развития оползневых процессов в геотермальных районах Курило-Камчатской вулканической дуги/Ю.В. Фролова, О.В. Зеркаль, И.Е. Большаков//Грунтоведение. – 2023. - №2. – С. 36-43

324. Хаин, В.Е. Тектоника континентов и океанов/В.Е. Хаин. – М.: Научный мир, 2001. – 606 с.

325. Хаин, В.Е. Тектоника и динамика Земли/В.Е. Хаин//Планета Земля. т. "Тектоника и геодинамика"/Л.И.Красный, О.В. Петров, Б.А.Блюман (ред.). – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. - С. 33-41

326. Хаин, В.Е. История и методология геологических наук//В.Е. Хаин, А.Г. Рябухин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. - 320 с.

327. Харитонычев, А.Т. Природа Нижегородского Поволжья: история, использование, охрана/А.Т. Харитонычев.- Горький: Волго-Вят. кн. изд-во, 1978. - 175 с.

328. Хвостова, К.В. Особенности истины и объективности в историческом знании/К.В. Хвостова//Вопросы философии. – 2012. - №7. - С. 27-37

329. Хотина, Е.Б. Отложения гравитационного ряда/Е.Б. Хотина//Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. – Л.: Недра, 1987. - С. 30-40

330. Цыбульский, В.А. Инженерная геология/В.А. Цыбульский. - ч. II. – М.-Л. Гос. научно-техн. горно-геол. изд-во, 1932. - 311 с.

331. Цытович, Н.А. Механика грунтов (краткий курс)/Н.А. Цытович. - 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1973. – 280 с.

332. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии/Сост. И.С. Щукин/под ред. А.И. Спиридонова. – М.: Изд-во "Сов. энциклопедия", 1980. –703 с.

333. Чистяков, А.А., Щербаков Ф.А. Осадконакопление на подводных окраинах материков/А.А. Чистяков, Ф.А. Щербаков//Итоги науки и техники. Общая геология. Вып. 18. - М.: ВИНТИ, 1984. - 135 с.

334. Чичагов, В.П. Криосейсмооползни низких, перигляциальных, лессовых равнин//Матер. IV Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода/В.П. Чичагов. – Сыктывкар, 2005. - С. 453-454

335. Шадунц, К.Ш. Оползни-потоки/К.Ш. Шадунц. – М.: Недра, 1983. – 120 с.

336. Шамурзаева, Д.А. Факторы развития оползневого процесса, выделенные на основе информационного анализа на примере Республики Дагестан/Д.А. Шамурзаева, Б.И. Королев, К.В. Новиков//Разведка и охрана недр. - 2013. - №10. - С. 21-25
337. Шамурзаева, Д.А. Оценка подверженности оползневым процессам горной части Республики Дагестан, выполненная на основе применения комплексного математического аппарата/Д.А. Шамурзаева, К.В. Новиков, Б.И. Королев//Инженерная геология. - 2017. - №4. - С. 40-48
338. Шанцер, Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований/Е.В. Шанцер. - М.: Наука, 1966 - 239 с. - Тр. ГИН, вып. 161
339. Шарапов, И.П. К проблеме геологических законов/И.П. Шарапов//Геология и геофизика. - 1983. - №10. - С. 80-87
340. Шаталин, С.Н. Региональные факторы формирования оползней Северного Причерноморья/С.Н. Шаталин//Вісник Одеського національного університету. Сер: Географічні та геологічні науки. - 2013. - т. 18, - вип. 1(17). - С. 195-204,
341. Шахунянц, Г.М. О методике проектирования мероприятий по стабилизации земляного полотна/Г.М. Шахунянц//Техника железных дорог. - 1944. - №12. - С. 3-7
342. Швецов, А.Д. Методика организации и ведения территориального мониторинга экзогенных геологических процессов (на примере Тамбовской области)/А.Д. Швецов, А.В. Берест//Вестник Тамбовского гос. ун-та. - 2010. - т. 15. - вып. 1. - С. 194-199
343. Шеко, А.И. Основные положения методики долговременных региональных прогнозов экзогенных геологических процессов/А.И. Шеко//Тр. ВСЕГИНГЕО, 1978. - вып. 119. - С. 4-10
344. Шеко, А.И. Теоретические основы и методы прогнозов экзогенных геологических процессов/А.И. Шеко//Оползни и сели: Сб. докл. Междунар. семинара в Алма-Ате (октябрь, 1981). - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1982. - С. 361-378
345. Шеко, А.И. Генетическая классификация экзогенных геологических опасностей/А.И. Шеко//Экзогенные геологические опасности/под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. - М.: Крук, 2002. - с. 11-17
346. Шеко, А.И. Факторы формирования и развития оползней и селей (Гл. 1)//Оползни и сели/А.И. Шеко, В.С. Круподеров, И.В. Мальнева и др. - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. - т. 1. - С. 16-51
347. Шеко, А.И. Общие представления об экзогенных геологических процессах/А.И. Шеко, В.С. Круподеров, Д.А.Тимофеев//Опасные экзогенные процессы/под ред. В.И.Осипова. - М.: ГЕОС, 1999. - С. 12-48
348. Шешнёв, А.С. Факторы развития и современная динамика Затонского оползня (г. Саратов)/А.С. Шешнёв//Разведка и охрана недр. - 2017. - №4. - С. 49-53

349. Шитов, А.В. Анализ факторов, влияющих на некоторые экзогенные геологические процессы Горного Алтая/А.В. Шитов, М.С. Достовалова//Природные ресурсы Горного Алтая. - 2013. - №17. - С. 55-66
350. Шлюрпа, Н.В. Влияние гидрогеологического фактора на экологическую ситуацию оползневого участка Лагерного сада г. Томска/Н.В. Шлюрпа//Экология России и сопредельных территорий. Экологический катализ: Матер. IX Междунар. экол. студ. конф. - Новосибирск, 2004. - С. 143-145
351. Шпилько, Г.А. Новые сведения об Усойском завале и Сарезском озере/Г.А. Шпилько//Изв. Турк. отд. Русск. геогр. общ. - 1914. - т. II. - вып. 2. - ч. 2. - С. 60-62
352. Штини, И. Техническая геология/И. Штини, Д.И. Мушкетов. - Л.-М.: Гос. изд-во, 1925. - 305 с.
353. Эйриш, Л.В. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Хингано-Буреинская. Лист М-52-ХVIII. Объяснительная записка/Л.В. Эйриш. - М.-Л., 1964
354. Экзогенные геологические опасности/под ред. В.М.Кутепова, А.И.Шеко. - М.: КРУК, 2002. - 348 с.
355. Юдкевич, А.И. Феномены Загорской ГАЭС/А.И. Юдкевич//Юбилейный сборник научных трудов Гидропроекта (1930-2000). Вып 159. - М.: АО Институт Гидропроект, 2000. - С. 269-279
356. Якушева, А.Ф. Геология с элементами геоморфологии/А.Ф. Якушева. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. - 445 с.
357. Якушева, А.Ф. Общая геология/А.Ф. Якушева, В.Е. Хаин, В.И. Славин. - М.: Изд-во МГУ, 1988. - 448 с.
358. Abdrakhmanov, K. Dissected rockslide and rock avalanche deposits; Tien Shan, Kyrgyzstan/K. Abdrakhmanov, A.L. Strom//Landslides from Massive Rock Slope Failure/S. Evans et al., eds. - New York: Springer, 2006 - P. 551-572
359. Acosta, J. Geologic evolution of the Canarian Islands of Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera and comparison of landslides at these islands with those at Tenerife, La Palma and El Hierro/J. Acosta, E. Uchupi, A. Muñoz, P. Herranz, C. Palomo, M. Ballesteros, ZEE Working Group//Marine Geophysical Researches. - 2003. - v. 24. - P. 1-40
360. Alfaro, P. Widespread landslides induced by the Mw 5.1 earthquake of 11 May 2011 in Lorca, SE Spain/P. Alfaro, J. Delgado, F.J. García-Tortosa, L. Lenti, J.A. López, C. López-Casado, S. Martino//Engineering Geology. - 2012. - v. 137-138. - P. 40-52
361. Allison, R.J. Mass Movement/R.J. Allison, D. Brunsden//The History of the Study of Landforms. vol. 4. Quaternary and Recent Processes and Forms (1890-1965) and the Mid-century Revolutions. - London: Geological Society, 2008. - 1056 p.

362. Alloway, B. Stratigraphy, age, and correlation of voluminous debris avalanche events from an ancestral Egmont Volcano: implications for coastal plain construction and regional hazard assessment/B. Alloway, P. McComb, V. Neall, C. Vucetich, J. Gibb, S. Sherburn, M. Stirling//Journal of the Royal Society of New Zealand. - 2005. – v. 35. - P. 229-267
363. Almagor, G. Halokinetic deep-seated slumping on the mediterranean slope of northern Sinai and southern Israel/G. Almagor//Marine Georesources & Geotechnology. - 1980. - v. 4. - №1. - P. 83-105
364. Alvarado, G.E. Los grandes deslizamientos (volcánicos y no volcánicos) de tipo debris avalanche en Costa Rica/G.E. Alvarado, E. Vega, J. Chaves, M. Vásquez//Revista Geológica de América Central. - 2004. - v. 30. - P. 83-99
365. Antinao, J.L. Large rockslides in the Southern Central Andes of Chile (32–34.5°S): Tectonic control and significance for Quaternary landscape evolution/J.L. Antinao, J. Gosse//Geomorphology. - 2009. - v. 104. - №3-4. - P. 117-133
366. Antobreh, A.A. Mauritania Slide Complex: morphology, seismic characterisation and processes of formation/A.A. Antobreh, S. Krastel//International Journal of Earth Science. - 2007. - v. 96. - P. 451-472
367. Antoine, P. Les problèmes posés par l'instabilité des versants de grande ampleur - aspects géologiques/P. Antoine//Bulletin of the International Association of Engineering Geology. – 1992. - №45. - P. 9-22
368. Arce, J.L. Late Pleistocene flank collapse of Zempoala volcano (Central Mexico) and the role of fault reactivation/J.L. Arce, R. Macías, A.G. Palomo, L. Capra, J.L. Macías, P. Layer, H. Rueda//Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2008. - v. 177. - P. 944-958
369. Armandita, C. Origin, structural geometry, and development of a giant coherent slide: The South Makassar Strait mass transport complex/C. Armandita, C.K. Morley, P. Rowell//Geosphere. - 2015. - v. 11. - №2. – P. 376-403
370. Atlas Wenchuan-Earthquake Geohazards: Analysis of co-seismic and post-seismic geohazards in the area affected by the 2008 Wenchuan earthquake/C. Tang, C. van Westen, eds. – Beijing: Science Press. – 2018. – 96 p.
371. Badhani, S. Morphology of retrogressive failures in the Eastern Rhone interfluvium during the last glacial maximum (Gulf of Lions, Western Mediterranean)/S. Badhani, A. Cattaneo, B. Dennielou, E. Leroux, F. Colin, Y. Thomas et al.//Geomorphology. - 2020. - v. 351. - article 106894. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X1930385X>
372. Bailey, G. Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time/G. Bailey//Journal of Anthropological Archaeology. – 2007. - v. 26. - №2. - P. 198-223
373. Baize, S. Active tectonics and earthquake geology along the Pallatanga Fault, Central Andes of

- Ecuador/S. Baize, L. Audin, A. Alvarado, H. Jomard, M. Bablon, J. Champenois et al.//Frontiers in Earth Science. - 2020. - v. 8. - article 193. - Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2020.00193/full>
374. Baltzer, A. Über bergstürze in den Alpen/A. Baltzer. - Zurich, Verlag der Schabelitz'schen buchhandlung (C. Schmidt), 1875. - 50 s.
375. Barrett, R.S. Does retrogression always account for the large volume of submarine megaslides? Evidence to the contrary from the Tampen Slide, offshore Norway/R.S. Barrett, B. Bellwald, P.J. Talling, A. Micallef, F. Gross, C. Berndt et al.//Journal of Geophysical Research: Solid Earth. - 2021. - v. 126. - article e2020JB020655. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020JB020655>
376. Barth, S. Landslide response to the 27 October 2012 earthquake (MW 7.8), southern Haida Gwaii, British Columbia, Canada/S. Barth, M. Geertsema, A.R. Bevington, A.L. Bird, J.J. Clague, T. Millard et al.//Landslides. - 2020. - v. 17. - P. 517-526
377. Basharat, M. Using PCA in evaluating event-controlling attributes of landsliding in the 2005 Kashmir earthquake region, NW Himalayas, Pakistan/M. Basharat, A. Ali, I.A.K. Jadoon, J. Rohn//Natural Hazards. - 2016. - v. 81. - №3. - P. 1999-2017
378. Becerril, L. Volcano-structure of El Hierro (Canary Islands)/L. Becerril, J.P. Galve, J.M. Morales, C. Romero, N. Sánchez, J. Martí, I. Galindo//Journal of Maps. - 2016. - v. 12. - №1. - P. 43-52
379. Bell, F.G. Engineering Geology/F.G. Bell. - 2nd ed. - Elsevier, 2007. - 581 p.
380. Belousov, A. Late Holocene edifice collapse and eruptions of Iriga volcano, Philippines: integrated data from subaerial and lacustrine deposits/A. Belousov, M. Belousova, E. Listanco//Bulletin of Volcanology. - 2023. - v. 85. - article 40. - Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00445-023-01653-0>
381. Belousov, A. Multiple edifice failures, debris avalanches and associated eruptions in the Holocene history of Shiveluch volcano, Kamchatka, Russia/A. Belousov, M. Belousova, B. Voight//Bulletin of Volcanology - 1999. - v. 61. - P. 324-342
382. Belousov, A.B. The Shiveluch volcanic eruption of 12 November 1964: explosive eruption provoked by failure of the edifice/A.B. Belousov//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 1995. - v. 66. - P. 357-365
383. Benito, B. Analysis of the spatial and temporal distribution of the 2001 earthquakes in El Salvador/B. Benito, J.M. Cepeda, J.J. Martinez Diaz//Natural hazards in El Salvador/W.I. Rose et al., eds. - Boulder: Geological Society of America, 2004. - Special Paper 375
384. Berlioz, J. L'effondrement du Mont Granier en Savoie 1248. Histoire et légendes/J. Berlioz. - Grenoble, Centre Alpin et Rhodanien d'ethnologie, 1998. - 89 p.

385. Bernard, B. The Chimborazo sector collapse and debris avalanche: Deposit characteristics as evidence of emplacement mechanisms/B. Bernard, B. van Wyk de Vries, D. Barba, H. Leyrit, C. Robin, S. Alcaraz, P. Samaniego//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2008. - v. 176. - P. 36-43
386. Bernard, K. Fault textures in volcanic debris avalanche deposits and transformations into lahars: The Pichu Pichu thrust lobes in south Peru compared to worldwide avalanche deposits/K. Bernard, B. van Wyk de Vries, J.-C. Thouret//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2019. - v. 371. - P. 116-136
387. Beutner, E. Catastrophic emplacement of the Heart Mountain block slide, Wyoming and Montana, USA/E. Beutner, G. Gerbi//*Geological Society of America Bulletin*. - 2005. - v. 117. - №5-6. - P. 724-735
388. Bird, P. An updated digital model of plate boundaries/P. Bird//*Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. - 2003. - v. 4. - №3. - article 1027. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2001GC000252>
389. Blair, T.C. Processes and Forms of Alluvial Fans/T.C. Blair, J.G. McPherson//*Geomorphology of Desert Environments*, 2nd ed./A.J. Parsons, A.D. Abrahams, eds. - Springer, 2009. - P. 413-467
390. Bobrowsky, P. Landslide Terminology - Canadian Technical Guidelines and Best Practices related to Landslides: a national initiative for loss reduction/P. Bobrowsky, R. Couture. - Geological Survey of Canada, 2014. - Open File 7623. - 68 p.
391. Bommer, J. The El Salvador Earthquakes of January and February 2001: Context, characteristics and implications for seismic risk/J. Bommer, B. Benito, M. Ciudad-Real, A. Lemoine, M. López-Menjívar, R. Madariaga et al.//*Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. - 2002a. - v. 22. - №5. - P. 389-418
392. Bommer, J.J. Earthquake-induced landslides in Central America/J.J. Bommer, C.E. Rodríguez//*Engineering Geology*. - 2002b. - v.63. - P. 189-220
393. Bonnard, C. Technical and human aspect of historic rockslide dammed lakes and landslide dam breaches/C. Bonnard//*Italian Journal of Engineering Geology and Environment: Special Issue on Security of Natural and Artificial Rockslide Dams*. - 2006. - №1. - P. 21-31
394. Borja, R.I. Hydrologically Driven Slope Failure Initiation in Variably Saturated Porous Media/R.I. Borja, G. Oetl, B.A. Ebel, K. Loague//*Modern Trends in Geomechanics*/W. Wu, H.S. Yu (Eds.). - Berlin-Heidelberg: Springer, 2006. - P. 303-312
395. Boudon, G. Role of large flank-collapse events on magma evolution of volcanoes. Insights from the Lesser Antilles Arc/G. Boudon, B. Villemant, A. Le Friant, M. Paterne, E. Cortijo//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2013. - v. 263. - P. 224-237
396. Boudon, G. Volcano flank instability in the Lesser Antilles Arc: Diversity of scale, processes,

- and temporal recurrence/G. Boudon, A. Le Friant, J.-C. Komorowski, C. Deplus, M.P. Semet//*Journal of Geophysical Research*. - 2007. - v. 112. – article B08205. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006JB004674>
397. Bronto, S. The Godean Debris Avalanche Deposit From a Sector Collapse of Merapi Volcano/S. Bronto, W. Rahardjo, R. Asmoro, A. Ratdomopurbo, M. Adityarani, A. Permatasari//*Merapi Volcano: Geology, Eruptive Activity, and Monitoring of a High-Risk Volcano*/R. Gertisser et al. (eds.). - Springer, 2023. - P. 195-231
398. Brothers, D.S. Slope failure and mass transport processes along the Queen Charlotte Fault, southeastern Alaska/D.S. Brothers, B.D. Andrews, M.A.L. Walton, H.G. Greene, J.V. Barrie, N.C. Miller et al.//*Subaqueous Mass Movements*/D.G. Lintern et al., eds. – London: London Geological Society, Special Publications 477, 2019. - P. 69-83
399. Brunsdon, D. Mass movement; the research frontier and beyond: a geomorphological approach/D. Brunsdon//*Geomorphology*. – 1993. - v. 7. - №1-3. - P. 85-128
400. Butler, D.R. Geomorphic process-disturbance corridors: a variation on a principle of landscape ecology/D.R. Butler//*Progress in Physical Geography*. - 2001. - v. 25. - №2. - P. 237-248
401. Callot, P. Giant submarine collapse of a carbonate platform at the Turonian-Coniacian transition: The Ayabacas Formation, southern Peru/P. Callot, T. Sempere, F. Odonne, E. Robert//*Basin Research*. - 2008. - v. 20. - P. 333-357
402. Cálves, G. Giant fossil mass wasting off the coast of West India: The Nataraja submarine slide/G. Cálves, M. Huuse, P.D. Clift, S. Brusset//*Earth and Planetary Science Letters*. – 2015. – v. 432. – P. 265-272
403. Capra, L. Debris avalanches and debris flows transformed from collapses in the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico - behavior, and implications for hazard assessment/L. Capra, J.L. Macías, K.M. Scott, M. Abrams, V.H. Garduño-Monroy//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2002. - v. 113. - P. 81-110
404. Carrasco-Núñez, G. A voluminous avalanche-induced lahar from Citlaltépetl volcano, Mexico: Implications for hazard assessment/G. Carrasco-Núñez, J.W. Vallance, W.I. Rose//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. – 1993. – v. 59. – P. 35-46
405. Carrasco-Núñez, G. Multiple edifice-collapse events in the Eastern Mexican Volcanic Belt: The role of sloping substrate and implications for hazard assessment/G. Carrasco-Núñez, R. Díaz-Castellón, L. Siebert, B. Hubbard, M.F. Sheridan, S.R. Rodríguez//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2006. - v. 158. - P. 151-176
406. Casagli, N. Hydrological risk: landslides/N. Casagli, F. Guzzetti, M. Jaboyedoff, F. Nadim, D. Petley//*Science for Disaster Risk Management: Knowing Better and Losing Less*/Poljansek K., Ferrer M.M., De Groot T., Clark I., eds. – Luxembourg: Office of the European Union, 2017. – P. 209-238

407. Casas, D. The Baraza slide: model and dynamics/D. Casas, G. Ercilla, M. Yenes, F. Estrada, B. Alonso, M. Garcia, L. Somoza//Marine Geophysical Research. – 2011. – v. 32. - P. 245-256
408. Cauchon-Voyer, G. Large-scale subaerial and submarine Holocene and recent mass movements in the Betsiamites area, Quebec, Canada/G. Cauchon-Voyer, J. Locat, S. Leroueil, G. St-Onge, D. Demers//Engineering Geology. - 2011. - v. 121. - P. 28-45
409. Chacón, J. Diachronety of landslides/J. Chacón, C. Irigaray, R. El Hamdouni, J.D. Jiménez-Perálvarez//Geologically Active/Williams et al., eds. - London: Taylor&Francis Group, 2010. - P. 999-1006
410. Chacón, J. Engineering geology maps: landslides and geographical information systems//J. Chacón, C. Irigaray, T. Fernández, R. El Hamdouni//Bulletin of the International Association of Engineering Geology. – 2006. – v. 65. – P. 341-411
411. Chadwick, Jr. W.W. The September 1988 intracaldera avalanche and eruption at Fernandina volcano, Galapagos Islands/W.W. Chadwick Jr., T. De Roy, A. Carrasco//Bulletin of Volcanology. - 1991. - v. 53. - P. 276-286
412. Champetier de Ribes, G. La cartographie des mouvements de terrain des ZERMOS aux PER / G. Champetier de Ribes//Bulletin Liaison Laboratoires des Ponts et Chaussées. - 1987. - №150-151. - P. 9-19
413. Chang, M. Coseismic landslides induced by the 2018 Mw 6.6 Iwate, Japan, Earthquake: spatial distribution, key factors weight, and susceptibility regionalization/M. Chang, Y. Zhou, C. Zhou, T.C. Hales//Landslides. – 2021. – v. 18. - №2. - P. 755-772
414. Chaytor, J.D. A Reevaluation of the Munson-Nygren-Retriever Submarine Landslide Complex, Georges Bank Lower Slope, Western North Atlantic/J.D. Chaytor, D.C. Twichell, U.S. ten Brink // Submarine Mass Movements and Their Consequences: Proc. 5th Internat. Symp./Y. Yamada et al., eds. - Springer, 2012. - P. 135-145 - Advances in Natural and Technological Hazards Research, v. 31
415. Cheaib, A. Landslides induced by the 2017 Mw7.3 Sarpol Zahab earthquake (Iran)/A. Cheaib, P. Lacroix, S. Zerathe, D. Jongmans, N. Ajorlou, M.-P. Doin et al.//Landslides. – 2022. – v. 19. - №3. - P. 603-619
416. Chen, S.-C. Fangliao Slide - a large slope failure in the upper Kaoping Slope off southwest Taiwan/S.-C. Chen, C.-H. Tsai, S.-K. Hsu, Y.-C. Yeh, C.-S. Liu, S.-H. Chung, C.-Y. Wei//Terr. Atmos. Ocean. Sci. - 2018. - v. 29. - P. 17-30
417. Chen, Y. Quantifying rainfall controls on catchment-scale landslide erosion in Taiwan/Y. Chen, K. Chang, Y. Chiu, S. Lau, H. Lee, T. County//Earth Surface Processes and Landforms. - 2013. - v. 382. - P. 372-382
418. Chigira M. Long-term gravitational deformation of rocks by mass rock creep / M. Chigira//Engineering Geology. – 1992. - v. 32. - №3. - P. 157-184

419. Chigira, M. Development of deep-seated gravitational slope deformation on a shale dip-slope: Observations from high-quality drill cores/M. Chigira, T. Hariyama, S. Yamasaki//Tectonophysics. - 2013. - v. 605. - P. 104-113
420. Chunga, K. Landslides triggered by the 2016 Mw 7.8 Pedernales, Ecuador Earthquake: Correlations with ESI-07 intensity, lithology, slope and PGA-h/K. Chunga, F.A. Livio, C. Martillo, H. Lara-Saavedra, M.F. Ferrario, I. Zevallos, A.M. Michetti//Geosciences. – 2019. – v. 9. - article 371. - Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2076-3263/9/9/371>
421. Clague, J.J. Landslide/J.J. Clague //Encyclopedia of natural hazards/P.T. Bobrowsky, ed. - Dordrecht: Springer, 2013. - P. 594-602
422. Clague, J.J. Landslide hazard and risk/J.J. Clague, N.J. Roberts//Landslides: types, mechanisms, and modeling/J.J. Clague, D. Stead, eds. – Cambridge: Cambridge University Press, 2012. – P. 1-9
423. Clavero, J.E. Geological constraints on the emplacement mechanism of the Parinacota debris avalanche, northern Chile/J.E. Clavero, R.S.J. Sparks, H.E. Huppert, W.B. Dade//Bulletin of Volcanology. - 2002. - v. 64. - P. 40-54
424. Clouard, V. Submarine Landslides in French Polynesia/V. Clouard, A. Bonneville//Oceanic Hotspots/R. Hekinian et al., eds. - Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2004 - P. 209-238
425. Coates, D.R. Landslide perspectives/D.R. Coates//Landslides: Reviews in Engineering Geology, v. III/D.R. Coates ed. – Geological Society of America, 1977. – P. 3-28
426. Collin, A. Landslides in clays/A. Collin - trans. by W.R. Schriever. - Toronto: University of Toronto Press, 1956. - 160 p. (оригинальная работа Collin A. Recherches expérimentales sur les glissements spontanés des terrains argileux, accompagnés de considerations sur quelques principes de la mécanique terrestre. - Paris, Carilian-Goeury&Damont, 1846. - 168 p.)
427. Collot, J.-Y. The giant Ruatoria debris avalanche on the northern Hikurangi margin, New Zealand: Result of oblique seamount subduction/J.-Y. Collot, K. Lewis, G. Lamarche, S. Lallemand//Journal of Geophysical Research. - 2001. - v. 106. - №B9. - P. 19271-19279
428. Coombs, M.L. Growth and collapse of Waianae Volcano, Hawaii, as revealed by exploration of its submarine flanks/M.L. Coombs, D.A. Clague, G.F. Moore, B.L. Cousens//Geochemistry, Geophysics, Geosystems. - 2004. - v. 5. - article Q08006. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2004GC000717>
429. Coombs, M.L. Massive edifice failure at Aleutian arc volcanoes/M.L. Coombs, S.M. White, D.W. Scholl//Earth and Planetary Science Letters. - 2007. - v. 256. - P. 403-418
430. Cooper, A.H. The classification, recording, databasing and use of information about building damage caused by subsidence and landslides/A.H. Cooper//Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. – 2008. - v.41. - №3. - P. 409-424
431. Corominas, J. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk/J. Corominas,

- C. van Westen, P. Frattini, L. Cascini, J.-P. Malet, S. Fotopoulou et al.//*Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. – 2014. - v. 73. - №2. - P. 209-263
432. Cortés, A. Late Pleistocene-Holocene Debris Avalanche Deposits from Volcán de Colima, Mexico/A. Cortés, J.-C. Komorowski, J.L. Macías, L. Capra, P.W. Layer//*Volcán de Colima: Portrait of a Persistently Hazardous Volcano*/N. Varley et al. (eds.). - Springer, 2019. - P. 55-80
433. Costa, A.C.G. Catastrophic flank collapses and slumping in Pico Island during the last 130 kyr (Pico-Faial ridge, Azores Triple Junction)/A.C.G. Costa, A. Hildenbrand, F.O. Marques, A.L.R. Sibrant, A. Santos de Campos//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2015. - v. 302. - P. 33-46
434. Costa, A.C.G. Large-scale catastrophic flank collapses in a steep volcanic ridge: The Pico–Faial Ridge, Azores Triple Junction/A.C.G. Costa, F.O. Marques, A. Hildenbrand, A.L.R. Sibrant, C.M.S. Catita//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2014, - v. 272. - P. 111-125
435. Costa, C.H. Age constraints and paleoseismic implication of rock avalanches in the northern Patagonian Andes, Argentina/C.H. Costa, E.F. González Díaz//*Journal of South American Earth Sciences*. - 2007. - v. 24. - P. 48-57
436. Costa, F., Singer B. Evolution of Holocene Dacite and Compositionally Zoned Magma, Volcán San Pedro, Southern Volcanic Zone, Chile/F. Costa, B. Singer//*Journal of petrology*. - 2002. - v. 43. - №8. - P. 1571-1593
437. Couture, R. Introduction - National Technical Guidelines and Best Practices on Landslides / R. Couture. - Geological Survey of Canada, 2011. - Open File 6765. - 6 p.
438. Crandell, D.R. Catastrophic debris avalanche from ancestral Mount Shasta volcano, California/D.R. Crandell, C.D. Miller, H.X. Glicken, R.L. Christiansen, C.G. Newhall//*Geology*. - 1984. - v. 12. - №3. - P. 143-146
439. Crandell, D.R. Gigantic Debris Avalanche of Pleistocene Age From Ancestral Mount Shasta Volcano, California, and Debris-Avalanche Hazard Zonation/D.R. Crandell//*U.S. Geological Survey Bull.* – 1989. - №1861. - 32 p.
440. Crosta, G.B. The Cerro Caquilluco-Cerrillos Negros Giant Rock Avalanches (Tacna, Peru)/G.B. Crosta, P. Frattini, E. Valbuzzi, R.L. Hermanns//*Engineering Geology for Society and Territory: Proc. of the XII International IAEG Congress. v. 2 Landslide Processes*/G. Lollino et al., eds. - Springer, 2015. - P. 921-924
441. Crozier, M. Landslides, causes, consequences and environment/M. Crozier. – London: Croom Helm, 1986. - 174 p.
442. Crozier, M. Landslides/M. Crozier//*Applied geography: principles and practice. An introduction to useful research in physical, environmental and human geography*/M. Pacione, ed. - London-New York: Routledge, 1999 - P. 83-94

443. Crozier, M.J. Landslide/M.J. Crozier//Encyclopedia of Geomorphology/A.S. Goudie, ed. – London-New York: Routledge, 2004. – v. 2. – P. 605-608
444. Cruden, D.M. A simple definition of a landslide/D.M. Cruden//Bulletin of the International Association of Engineering Geology. - 1991. - №43. - P. 27-29
445. Cruden, D.M. Landslide types and processes/D.M. Cruden, D.J. Varnes//Landslides: Investigation and Mitigation/A.K. Turner, R.L.E. Schuster, Eds. – Washington: National Academy Press, 1996. - P. 36-75 -Transportation Research Board, Special Report №247
446. Cui, S. Effects of geological and tectonic characteristics on the earthquake-triggered Daguangbao landslide, China/S. Cui, X. Pei, R. Huang//Landslides. - 2018. - v. 15. - №4. - P. 649-667
447. Cui, Y. ³⁶Cl exposure dating of the Mahu Giant landslide (Sichuan Province, China)/Y. Cui, J. Deng, W. Hu, C. Xu, H. Ge, J. Wei, J. Zheng//Engineering Geology. – 2021. - v. 285. - article 106039. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795221000508>
448. Cui, Y.L. Landslides triggered by the 1970 Ms 7.7 Tonghai earthquake in Yunnan, China: an inventory, distribution characteristics, and tectonic significance/Y.L. Cui, J.H. Hu, C. Xu, H. Miao, J. Zheng//Journal of Mountain Science. – 2022. – v. 19. - №6. - P. 1633-1649
449. Cukur, D. Factors leading to slope failure on a sediment-starved margin: The southwestern continental margin of the East Sea, Korea/D. Cukur, I.-K. Um, J.-H. Chun, G.-S. Lee, S.-R. Kim, J.-J. Bahk et al.//Marine Geology. - 2020. - v. 428. - article 106282. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025322720301705>
450. Cukur, D. Geophysical evidence and inferred triggering factors of submarine landslides on the western continental margin of the Ulleung Basin, East Sea/D. Cukur, S.-P. Kim, G.-S. Kong, J.-J. Bahk, S. Horozal, I.-K. Um et al.//Geo-Marine Letters. - 2016. - v. 36. - P. 425-444
451. d’Acremont, E. Distribution and origin of submarine landslides in the active margin of the southern Alboran Sea (Western Mediterranean Sea)/E. d’Acremont, S. Lafuerza, A. Rabaute, M. Lafosse, M. Jollivet Castelot, C. Gorini et al.//Marine Geology. - 2022. - v. 445. - article 106739. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002532272200010X>
452. D’Elia, B. Geotechnical characterisation of slope movements in structurally complex clay soils and stiff jointed clays/B. D’Elia, L. Picarelli, S. Leroueil, J. Vaunat//Rivista Italiana di geotecnica. – 1998. - №3. - P. 5-32
453. Dai, F.C. Landslide risk assessment and management: an overview/F.C. Dai, C.F. Lee, Y.Y. Ngai//Engineering Geology. – 2002. - v.64. - P.65-87
454. Dai, F.C. Terrain-based mapping of landslide susceptibility using a geographical information system: a case study/F.C. Dai, C.F. Lee//Canadian Geotechnical Journal – 2001. - v. 38. - P. 911-923
455. Dai, K. Monitoring activity at the Daguangbao mega-landslide (China) using Sentinel-1 TOPS time series interferometry/K. Dai, Z. Li, R. Tomás, G. Liu, B. Yud, X. Wang X.et al.//Remote Sensing

of Environment. - 2016. - v. 186. - P. 501-513

456. Davies, T. Landslide Hazards, Risks, and Disasters: Introduction/T. Davies//Landslide Hazards, Risks, and Disasters. – Amsterdam: Elsevier, 2015. – P. 1-16

457. Davies, T.R. Rapid block glides: slide-surface fragmentation in New Zealand's Waikaremoana landslide/T.R. Davies, M.J. McSaveney, R.D. Beetham//Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. – 2006. - v. 39. - P. 115-129

458. Day, S. Submarine landslide deposits of the historical lateral collapse of Ritter Island, Papua New Guinea/S. Day, P. Llanes, E. Silver, G. Hoffmann, S. Ward, N. Driscoll//Marine and Petroleum Geology. - 2015. - v. 67. - P. 419-438

459. Day, S.J. A past giant lateral collapse and present-day flank instability of Fogo, Cape Verde Islands/S.J. Day, S.I.N. Heleno da Silva, J.F.B.D. Fonseca//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 1999. - v. 94. - P. 191-218

460. De Blasio, F.V. Introduction to the Physics of Landslides: Lecture Notes on the Dynamics of Mass Wasting/F.V. De Blasio. - Springer, 2011. - 408 p.

461. Delano, H.L. Landslides in Pennsylvania/H.L. Delano., J.P. Wilshusen. - Harrisburg: Pennsylvania Geological Survey, 2001. - 34 p.

462. Delcamp, A. Sector collapse events at volcanoes in the North Tanzanian divergence zone and their implications for regional tectonics/A. Delcamp, D. Delvaux, S. Kwelwa, A. Macheyeke, M. Kervyn//Geological Society of America Bulletin. - 2016. – v. 128. – P. 169-186

463. Delchiaro, M. Reconstruction of river valley evolution before and after the emplacement of the giant Seymareh rock avalanche (Zagros Mts., Iran)/M. Delchiaro, M. Della Seta, S. Martino, M. Dehbozorgi, R. Nozaem//Earth Surface Dynamics. - 2019. - v. 7. - P. 929-947

464. Delchiaro, M. The role of long-term preparatory factors in mass rock creep deforming slopes: insights from the Zagros Mts. belt (Iran)/M. Delchiaro, M. Della Seta, S. Martino, M. Moumeni, R. Nozaem, G.M. Marmoni, C. Esposito//Landslides. - 2024. - v. 21. - P. 1735-1755

465. Delgado, F. Giant landslide triggerings and paleoprecipitations in the Central Western Andes: The aricota rockslide dam (South Peru)/F. Delgado, S. Zerathe, L. Audin, S. Schwartz, C. Benavente, J. Carcaillet et al.//Geomorphology. – 2020. - v. 350. - article 106932. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X19304234?via%3Dihub>

466. DeMets, C. Geologically current plate motions/C. DeMets, R.G. Gordon, D.F. Argus//Geophys. J. Int. - 2010. - v. 181. - №1. - p.p. 1-80

467. Díaz-Castellón, R. The origins of Late Quaternary debris avalanche and debris flow deposits from Cofre de Perote volcano, México/R. Díaz-Castellón, B.E. Hubbard, G. Carrasco-Núñez, J.L. Rodríguez-Vargas//Geosphere. - 2012. - v. 8. - №4. - P. 950-971

468. Dikau, R. Mass movement/R. Dikau//Encyclopedia of Geomorphology/A.S. Goudie, ed. –

London-New York: Routledge, 2004. – v. 2. – P. 644-653

469. Dingle, R.V. Large allochthonous sediment masses and their role in the construction of the continental slope and rise off southwestern Africa/R.V. Dingle//*Marine Geology*. - 1980. - v. 37. - P. 333-354
470. Dionisio, G. Morphometry of Neogene mass transport deposits of the continental slopes of Cabo Frio High, frontier region of Santos and Campos basins/G. Dionisio, B.T. Pandolpho, A.H.F. Klein, A.A. Machado//*Research Square*. - 2022. - v. 1. - P. 1-15
471. Dominguez-Cuesta, M.J. Proposed Landslide Susceptibility Map of Canada Based on GIS/M.J. Dominguez-Cuesta, P.T. Bobrowsky//*Landslide Science and Practice: Proc. of the 2nd World Landslide Forum. v 3: Spatial Analysis and Modelling*/C. Margottini, P. Canuti, K. Sassa, eds. - Berlin-Heidelberg, Springer, 2013. – P. 375-382
472. Dondurur, D. Quaternary mass wasting on the western Black Sea margin, offshore of Amasra/D. Dondurur, H.M. Küçük, G. Çifçi//*Global and Planetary Change*. - 2013. - v. 103. - P. 248-260
473. Donnini, M. Landslides triggered by an extraordinary rainfall event in Central Italy on September 15, 2022/M. Donnini, M. Santangelo, S.L. Gariano, F. Bucci, S. Peruccacci, M. Alvioli et al.//*Landslides*. - 2023. - v. 20. - P. 2199-2211
474. Drechsler, M. The Kaiapit landslide, Papua New Guinea/M. Drechsler, I. Ripper, E. Rooke, E. Warren//*Engineering geology in tropical terrains*. - Univ. Kebangsaan, 1989. - P. 1-10
475. Driscoll, N.W. Potential for large-scale submarine slope failure and tsunami generation along the U.S. mid-Atlantic coast/N.W. Driscoll, J.K. Weissel, J.A. Goff//*Geology*. - 2010. - v. 28. - №5. - P. 407-410
476. Dufresne, A. Sedimentology of rock avalanche deposits - Case study and review/A. Dufresne, A. Bosmeier, C. Prager//*Earth-Science Reviews*. - 2016. - v. 163. - P. 234-259
477. Dunkl, I. Metamorphic evolution of the Tethyan Himalayan flysch in SE Tibet/I. Dunkl, V. Antolín, K. Wemmer, G. Rantitsch, M. Kienast, C. Montomoli et al.//*Growth and Collapse of the Tibetan Plateau*/R. Gloaguen, L. Ratschbacher, eds. - London: Geological Society, Special Publications, 2011. - v. 353. - P. 45-69
478. Dunning, S.A. The grain size distribution of rock-avalanche deposits in valley-confined settings/S.A. Dunning//*Italian Journal of Engineering Geology and Environment*. – 2006. - Special Issue 1. - P. 117-121
479. Eaves, S.R. The age and potential causes of the giant Green Lake Landslide, Fiordland, New Zealand/S.R. Eaves, S.T. McColl, L.G. Tielidze, K.P. Norton, J.L. Hopkins, A.J. Hidy//*Landslides*. - 2023. - v. 20. - P.
480. Eberhardt, E. Progressive failure in deep-seated rockslides due to seasonal fluctuations in pore

- pressures and rock mass fatigue/E. Eberhardt, G. Preisig, V. Gischig//Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice: Proc. 12th Internat. symp. on landslides/Aversa et al., eds. - Leiden: CRC Press/Balkema, 2016. - v. 1. - P. 121-136
481. Elger, J. Chronology of the Fram Slide Complex offshore NW Svalbard and its implications for local and regional slope stability/J. Elger, C. Berndt, S. Krastel, D.J.W. Piper, F. Gross, W.H. Geissler//Marine Geology. - 2017. - v. 393. - P. 141-155
482. Emberson, R. Insights from the topographic characteristics of a large global catalog of rainfall-induced landslide event inventories/R. Emberson, D.B. Kirschbaum, P. Amatya, H. Tanyaş, O. Marc//Natural Hazards and Earth System Sciences. - 2022. - v. 22. - P. 1129-1149
483. Erismann, T.H. Flowing, Rolling, Bouncing, Sliding: Synopsis of Basic Mechanisms/T.H. Erismann//Acta Mechanica. - 1986. - v. 64. - P. 101-110
484. Erismann, T.H. Dynamics of rockslides and rockfall/T.H. Erismann, G. Abele. - Berlin: Springer, 2001. - 316 p.
485. Espín, B.P.A. The "Mera" lahar deposit in the upper Amazon basin: Transformation of a late Pleistocene collapse at Huisla volcano, central Ecuador/B.P.A. Espín, P.A. Mothes, M.L. Hall, V.V. Arcos, H. Keen//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2019. - v. 385. - P. 103-119
486. Evans, D. Palaeoslides and other mass failures of Pliocene to Pleistocene age along the Atlantic continental margin of NW Europe/D. Evans, Z. Harrison, P.M. Shannon, J.S. Laberg, T. Nielsen, S. Ayers et al.//Marine and Petroleum Geology. - 2005. - v. 22. - P. 1131-1148
487. Færseth, R.B. Geometry of a major slump structure in the Storegga slide region offshore western Norway/R.B. Færseth, B.H. Sætersmoen//Norwegian Journal of Geology. - 2008. - v. 88. - P. 1-11
488. Fan, X. Failure mechanism and kinematics of the deadly June 24th 2017 Xinmo landslide, Maoxian, Sichuan, China/X. Fan, Q. Xu, G. Scaringi, L. Dai, W. Li, X. Dong et al.//Landslides. - 2017. - v. 14. - №6. - P. 2129-2146
489. Fell, R. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning / R. Fell, J. Corominas, C. Bonnard, L. Cascini, E. Leroi, W.Z. Savage et al.//Engineering Geology. - 2008. - v. 102. - №3-4. - P. 85-98
490. Fell, R. Keynote lecture - Geotechnical engineering of the stability of natural slopes, and cuts and fills/R. Fell, O. Hungr, S. Leoroueil, W. Riemer//International Conference on Geotechnical & Geological Engineering (GeoEng 2000, Melbourne)/Invited Papers and Extended Abstracts. - Lancaster: Techomoc Publ. Comp., 2000. - v. 1. - P. 21-120
491. Feng, W. Geodetic constraints of the 2017 Mw 7.3 Sarpol Zahab, Iran Earthquake, and its implications on the structure and mechanics of the Northwest Zagros Thrust-Fold Belt/W. Feng, S. Samsonov, R. Almeida, A. Yassaghi, J. Li, Q. Qiu, W. Zheng//Geophysical Research Letters. -

2018. – v. 45. - №14. - P. 6853-6861

492. Festa, A. Origin and significance of olistostromes in the evolution of orogenic belts: A global synthesis/A. Festa, K. Ogata, G.A. Pini, Y. Dilek, J.L. Alonso//Gondwana Research. - 2016. - v. 39. - P. 180-203

493. Festa, A. Diagnostic features and field-criteria in recognition of tectonic, sedimentary and diapiric mélanges in orogenic belts and exhumed subduction-accretion complexes/A. Festa, G.A. Pini, K. Ogata, Y. Dilek//Gondwana Research. - 2019. - v. 74. - P. 7-30

494. Forman, R.T.T. Landscape ecology/R.T.T. Forman, M. Godron. - New York: Wiley, 1986. - 620 p.

495. Forshee, E.J. Evolution of monolithological breccia deposits in supradetachment basins, Whipple Mountains, California/E.J. Forshee, A. Yin//Basin Research. - 1995. - v. 7. - P. 181-197

496. Fort, M. Two large late quaternary rock slope failures and their geomorphic significance, Annapurna Himalayas (Nepal)/M. Fort//Geogr. Fis. Dinam. Quat. - 2011. - v. 34. - P. 5-16

497. Francis, P.W. Catastrophic debris avalanche deposit of Socompa volcano, northern Chile / P.W. Francis, M. Gardeweg, C.F. Ramirez, D.A. Rothery//Geology. - 1985. - v. 13. - P. 600-603

498. Frébourg, G. Catastrophic event recorded among Holocene eolianites (Sidi Salem Formation, SE Tunisia)/G. Frébourg, C.-A. Hasler, E. Davaud//Sedimentary Geology. - 2010. - v. 224. - P. 38-48

499. Freire, F. Acoustic evidence of a submarine slide in the deepest part of the Arctic, the Molloy Hole/F. Freire, R. Gyllencreutz, R.U. Jafri, M. Jakobsson//Geo-Marine Letters. - 2014. - v. 34. - P. 315-325

500. Frodeman, R. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science / R. Frodeman//Geological Society of America. - 1995. - v. 107. - №8. – p.p. 960-968

501. Froude, M.J. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016/M.J. Froude, D.N. Petley//Natural Hazards Earth System Sciences. - 2018. - v. 18. - P. 2161-2181

502. Fry, B. The Mw 7.6 Dusky Sound earthquake of 2009: preliminary report/B. Fry, S. Bannister, J. Beavan, L. Bland, B. Bradley, S. Cox et al.//Bulletin of the New Zealand society for earthquake engineering. - 2010. - v. 43. - №1. - P. 24-40

503. Fryer, G.J. Source of the great tsunami of 1 April 1946: a landslide in the upper Aleutian forearc/G.J. Fryer, P. Watts, L.F. Pratson//Marine Geology. - 2004. - v. 203. - P. 201-218

504. Furukawa, R., Nanayama F., Yoshimoto M. Volcanic debris-avalanche as a cause of a historic tsunami: the ad 1640 eruption of the Hokkaido-Komagatake volcano, northern Japan/R. Furukawa, F. Nanayama, M. Yoshimoto//Proc. conf. "Solutions to coastal disasters 2008: Tsunamis". - ASCE, 2008. - P. 235-247

505. Gamberi, F. Mass-transport complex evolution in a tectonically active margin (Gioia Basin, Southeastern Tyrrhenian Sea)/F. Gamberi, M. Rovere, M. Marani//Marine Geology. - 2011. - v. 279. -

P. 98-110

506. Gamberi, F. Submarine Landslides on the Seafloor: Hints on Subaqueous Mass-Transport Processes From the Italian Continental Margins (Adriatic and Tyrrhenian Seas, Offshore Italy)/F. Gamberi, G. Dalla Valle, F. Foglini, M. Rovere, F. Trincardi//Submarine Landslides: Subaqueous Mass Transport Deposits from Outcrops to Seismic Profiles/K. Ogata, A. Festa, G.A. Pini, eds. - John Wiley & Sons, 2020. - P. 339-356
507. García-Delgado, H. Historical distribution for landslides triggered by earthquakes in the Colombian region/H. García-Delgado, N. Contreras//Proc. XIII International Symposium on Landslides (Cartagena, 22-26.02.2021). - ISSMGE, 2021. - article ISL2020-156. - Режим доступа: <https://www.issmge.org/publications/publication/historical-distribution-for-landslides-triggered-by-earthquakes-in-the-colombian-region>
508. García-Delgado, H. The San Eduardo Landslide (Eastern Cordillera of Colombia): Reactivation of a deep-seated gravitational slope deformation/H. García-Delgado//Landslides. - 2020 - v. 17. - №8. - P. 1951-1964
509. Gardner, J.V. Humboldt Slide - a large shear-dominated retrogressive slope failure/J.V. Gardner, D.B. Prior, M.E. Field//Marine Geology. - 1999. - v. 154. - P. 323-338
510. Garziglia, S. Mass-transport deposits on the Rosetta province (NW Nile deep-sea turbidite system, Egyptian margin): Characteristics, distribution, and potential causal processes/S. Garziglia, S. Migeon, E. Ducassou, L. Loncke, J. Mascle//Marine Geology. - 2008. - v. 250. - P. 180-198
511. Gazioğlu, C. Morphological features of major submarine landslides of Marmara Sea using multibeam data/C. Gazioğlu, Z.Y. Yücel, E. Doğan//Journal of Coastal Research. - 2005. - v. 21. - №4. - P. 664-673
512. Gee, M.J.R. The Brunei slide: A giant submarine landslide on the North West Borneo Margin revealed by 3D seismic data/M.J.R. Gee, H.S. Uy, J. Warren, C.K. Morley, J.J. Lambiase//Marine Geology. - 2007. - v. 246. - P. 9-23
513. Gee, M.J.R. Triggering and evolution of a giant submarine landslide, offshore Angola, revealed by 3D seismic stratigraphy and geomorphology/M.J.R. Gee, R.L. Gawthorpe, S.J. Friedmann//Journal of Sedimentary Research. - 2006. - v. 76. - P. 9-19
514. Geersen, J. Pleistocene giant slope failures offshore Arauco Peninsula, Southern Chile/J. Geersen, D. Völker, J.H. Behrmann, C. Reichert, S. Krastel//Journal of the Geological Society, London. - 2011. - v. 168. - P. 1237-1248
515. Geissler, W.H. Arctic megaslide at presumed rest/W.H. Geissler, A.C. Gebhardt, F. Gross, J. Wollenburg, L. Jensen, M.C. Schmidt-Aursch et al.//Scientific reports. - 2016. - v. 6. - article 38529. - Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/srep38529>
516. Germanovich, L.N. Dynamic growth of slip surfaces in catastrophic landslides /

- L.N. Germanovich, S. Kim, A.M. Puzrin//Proc. Royal Society, A. - 2016. - v. 472. – article 20150758.
- Режим доступа: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2015.0758>
517. Glade, T. The Nature of Landslide Hazard Impact/T. Glade, M.J. Crozier//Landslide Hazard and Risk/Glade T., Anderson M., Crozier M.J., eds. – Chichester: Wiley & Sons, 2005. – P. 43-74
518. Glicken, H. Sedimentary architecture of large volcanic-debris avalanches / H. Glicken//Sedimentation in Volcanic Settings/R.V. Fisher, G.A.Smith, eds. - SEPM Special Publication №45, 1991. - p. 99-106
519. Glossary of terms//Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)/C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley, eds. - Cambridge-New York: Cambridge University Press, 2012. - P. 555-564
520. Godoy, B. Facies volcánicas del depósito de avalancha de detritos del volcán Tata Sabaya, Andes Centrales/B. Godoy., J. Clavero, C. Rojas, E. Godoy//Andean Geology. - 2012. - v. 39. - №3. - P. 394-406
521. Godt, J.W. Prototype landslide hazard map of the conterminous United States/J.W. Godt, J.A. Coe, R.L. Baum, L.M. Highland, J.R. Keaton, R.J. Roth//Landslides and Engineering Slopes: Protecting Society through Improved Understanding. London: Taylor&Francis, 2012. – P. 245-250
522. Goldfinger, C. Super-scale Failure of the Southern Oregon Cascadia Margin/C. Goldfinger, L.D. Kulm, L.C. McNeill, P. Watts//Pure and Applied Geophysics. - 2000. - v. 127. - P. 1189-1226
523. González de Vallejo, L.I. Geological Engineering/L.I. González de Vallejo, M. Ferrer. - London: Taylor&Francis Group, 2011. - 678 p.
524. González Díaz, E.F. Las lagunas de Varvar Co Campos y Varvar Co Tapia (N del Neuquén, Argentina): su relación con avalanchas de rocas//E.F. González Díaz, L.E. Fauqué, A.D. Giaccardi, C.H. Costa//Revisla de In Asociación Geológica Argentina. - 2000. - v. 55. - №3. - P. 147-164
525. Gordon, R.G. The plate tectonic approximation: Plate nonrigidity, diffuse plate boundaries, and global plate reconstructions/R.G. Gordon//Ann. Rev. Earth Planet. Sci. - 1998. - v. 26. - P. 615-642
526. Gorshkov, G.S. Gigantic directed blast at Shiveluch Volcano (Kamchatka)/G.S. Gorshkov, Y.M. Dubik//Bull Volcanol. - 1970. - v. 34. - P. 261-288
527. Görüm, T. Landslides Triggered by the February 6, 2023, Turkey Earthquake Sequence/T. Görüm, H. Tanyas, F. Karabacak, A. Yılmaz, L. Suzen, P. Burgi, K. Allstadt//Abstr. of the XIV IAEG Congress 2023. - Chengdu, 2023. - p. 124
528. Gorum, T. Why so few? Landslides triggered by the 2002 Denali earthquake, Alaska / T. Gorum, O. Korup, C.J. van Westen, M. van der Meijde, C. Xu, F.D. van der Meer//Quat Sci Rev, 2014, 95, P. 80-94

529. Gostelow, T.P. Landslides//Hydrology of Disasters/T.P. Gostelow. – Springer, 1996. – P. 183-230 – Water Science and Technology Library book series (WSTL), v. 24
530. Govi, M. Photo-interpretation and mapping of the landslides triggered by the Friuli earthquake/M. Govi//Bull Int Assoc Eng Geol. - 1977. - №15. - P. 67-72
531. Günther, A. Climate-physiographically differentiated Pan-European landslide susceptibility assessment using spatial multi-criteria evaluation and transnational landslide information/A. Günther, M. Van Den Eeckhaut, J.-P. Malet, P. Reichenbach, J. Hervás//Geomorphology. - 2014. - v. 224. - P. 69-85
532. Guo, X. Geomorphic effects of a dammed pleistocene lake formed by landslides along the Upper Yellow River/X. Guo, J. Wei, Y. Lu, Z. Song, H. Liu//Water. - 2020. - v. 12. - article 1350. - Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1350>
533. Gupta, V. A study on landslides triggered during Sikkim Earthquake of September 18, 2011 / V. Gupta, A.K. Mahajan, V.C. Thakur//Himalayan Geology. – 2015. – v. 36. - №1. - P. 81-90
534. Gutmacher, C.E. Sur submarine landslide, a deep-water sediment slope failure/C.E. Gutmacher, W.R. Normark//Submarine Landslides: Selected Studies in the U.S. Exclusive Economic Zone/U.S. Geological Survey bulletin, №2002 - Denver, 1993. - P. 158-166
535. Hacker, D.B. Catastrophic emplacement of the gigantic Markagunt gravity slide, southwest Utah (USA): Implications for hazards associated with sector collapse of volcanic fields/D.B. Hacker, R.F. Biek, P.D. Rowley//Geology. - 2014. - v. 42. - №11. - P. 943-946
536. Hall, M.L. Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and hazards/M.L. Hall, C. Robin, B. Beate, P. Mothes, M. Monzier//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 1999. - v. 91. - P. 1-21
537. Hampton, M.A. Submarine landslides/M.A. Hampton, H.J. Lee, J. Locat//Reviews of Geophysics. – 1996. – v. 34. - №1. – P. 33-59
538. Hancox, G. Report on landslide reconnaissance flight on 24 February 2011 following the Mw 6.3 Christchurch Earthquake of 22 February 2011/G. Hancox, N. Perrin, R. Van Dissen. - Lower Hutt, Institute of Geological & Nuclear Sciences science, 2011. - 44 p.
539. Hancox, G.T. Green Lake Landslide and other giant and very large postglacial landslides in Fiordland. New Zealand/G.T. Hancox, N.D. Perrin //Quaternary Science Reviews. - 2009. - v. 28. - №11-12. - P. 1020-1036
540. Hancox, G.T. Reconnaissance studies of landslides and other ground damage caused by the Mw7.2 Fiordland earthquake of 22 August 2003/G.T. Hancox, S.C. Cox, I.M. Turnbull, M.J. Crozier. - Lower Hutt, Institute of Geological & Nuclear Sciences science report, 2003. - 32 p.
541. Hancox, G.T. Reconnaissance studies of landslides caused by the M_L 5.4 Lake Rotoehu earthquake and swarm of July 2004/ G.T. Hancox, G. Dellow, M. McSaveney, B. Scott, P. Villamor. -

Lower Hutt, Institute of Geological & Nuclear Sciences science, 2004. - 26 p.

542. Harders, R. Submarine slope failures along the convergent continental margin of the Middle America Trench/R. Harders, C.R. Ranero, W. Weinrebe, J.H. Behrmann//Geochemistry, Geophysics, Geosystems. - 2011. - v. 12. - article Q05S32. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2010GC003401>

543. Harp, E.L. Landslides triggered by the earthquake/E.L. Harp, D.K. Keefer//The Coalinga, California, earthquake of May 2, 1983/Rymer M.J., Ellsworth W.L., eds//US Geological Survey Professional Paper. - 1990. - №1487. - P. 335-347

544. Harp, E.L. Landslides triggered by the 1994 Northridge, California earthquake/E.L. Harp, R.L. Jibson//Bulletin of the Seismological Society of America. - 1996. - v. 86. - S319-S332

545. Harp, E.L. Relation of Landslides Triggered by the Kiholo Bay Earthquake to Modeled Ground Motion/E.L. Harp, S.H. Hartzell, R.W. Jibson, L. Ramirez-Guzman, R.G. Schmitt//Bulletin of the Seismological Society of America. - 2014. - v. 104. - №5. - P. 2529-2540

546. Harp, E.L. Mapping of hazard from rainfall-triggered landslides in developing countries: Examples from Honduras and Micronesia/E.L. Harp, M.E. Reid, J.P. McKenna, J.A. Michael//Engineering Geology. - 2009. - v. 104. - P. 295-311

547. Has, B. Characteristics of earthquake-induced landslides in heavy snowy area: The case of the Northern Nagano Prefecture Earthquake, March 12, 2011, Japan/B. Has, K. Ogawa, S. Onoda, T. Noro, K. Maruyama, A. Nakamura//Earthquake-Induced Landslides: Proc. of the International Symposium on Earthquake-Induced Landslides (Kiryu, Japan, 2012)/K. Ugai, H. Yagi, A. Wakai, eds. - Berlin: Springer-Verlag, 2013. - P. 159-167

548. Haüy, M. Examen du littoral de la mer Noire compris entre les embouchures du Boug et du Dniestre/M. Haüy//Mém. Pres. Á l'Académie des Sciences de S.-Pétersb. Par divers Savants. - 1831. - v. I. - p.p. 153-172

549. Hayashi, J.N. A comparison of pyroclastic flow and landslide mobility/J.N. Hayashi, S. Self//Journal Geophys. Res. - 1992. - v. 97. - P. 9063-9071

550. He, X.L. Landslides triggered by the 2020 Qiaojia Mw5.1 earthquake, Yunnan, China: Distribution, influence factors and tectonic significance/X.L. He, C. Xu, W.W. Qi, Y. Huang, J. Cheng, X Xu et al.//Journal of Earth Science. - 2021. - v. 32. - №5. - P. 1056-1068

551. Heezen, B.C. Turbidity currents and submarine slumps, and the 1929 Grand Banks earthquake/B.C. Heezen, M. Ewing//American Journal of Science. - 1952. - v. 250. - p.p. 849-873

552. Heidarzadeh, M. A combined earthquake-landslide source model for the tsunami from the 27 November 1945 Mw 8.1 Makran Earthquake/M. Heidarzadeh, K. Satake//Bulletin of the Seismological Society of America. - 2017. - v. 107. - №2. - P. 1033-1040

553. Heim, A. Bergsturz und Menschenleben/A. Heim. - Vierteljahrsschrift der Naturforschendan

- Gesellschaft in Zürich, 1932, Jg. 77, H. 3/4, №20, Geol. Nachlese №30. - 218 s.
554. Heim, A. Ueber Bergstürze/A. Heim. – Zürich, 1882. – 32 s.
555. Henrich, R. Architecture and sediment dynamics of the Mauritania Slide Complex/R. Henrich, T.J.J. Hanebuth, S. Krastel, N. Neubert, R.B. Wynn//Marine and Petroleum Geology. -2008. - v. 25. - P. 17-33
556. Hermanns, R.L. Landslide/R.L. Hermanns//Encyclopedia of Earth Sciences. - Springer, 2018. - P. 579-580
557. Hermanns, R.L. Relation of recent megalandslides to prehistoric events in the city of La Paz, Bolivia/R.L. Hermanns, J.F. Dehls, M.A. Guzmán, N.J. Roberts, J.J. Clague, A. Cazas Saavedra, G. Quenta//Landslides and engineered slopes: Protecting society through improved understanding/Proc. of 11th Internat. and 2nd North American symposium on landslides. - Banff: CRC Press, 2012. - v. 1. - P. 341-347
558. Hewitt, K. Catastrophic landslides and their effects on the Upper Indus streams, Karakoram Himalaya, Northern Pakistan/K. Hewitt//Geomorphology. - 1998. - v. 26. - P. 47-80
559. Hewitt, K. Catastrophic rockslides and the geomorphology of the Hunza and Gilgit River valleys, Karakoram Himalaya/K. Hewitt//Erdkunde. - 2001. - v. 55. - P. 72-93
560. Hewitt, K. Catastrophic rock slope failures and late Quaternary developments in the Nanga Parbat-Haramosh Massif, Upper Indus basin, northern Pakistan//K. Hewitt//Quaternary Science Reviews. – 2009. - v. 28. – P. 1055-1069
561. Hewitt, K. Large, topographical-constrained rockslide complexes in the Karakoram Himalaya, Northern Pakistan//K. Hewitt//Landslide Science and Practice/Proc. 2nd World Landslide Forum: Vol. 4 Global Environmental Change/C. Margottini, P. Canuti, K. Sassa. eds. - Berlin: Springer, 2013. - P. 335-346
562. Hewitt, K. Legacies of catastrophic rock slope failures in mountain landscapes/K. Hewitt, J.J. Clague, J.F. Orwin//Earth-Science Reviews. - 2008. - v. 87. - P. 1-38
563. Hewitt, K. Rock avalanches and the pace of late Quaternary development of river valleys in the Karakoram Himalaya/K. Hewitt, J. Gosse, J.J. Clague//Geological Society of America Bulletin. - 2011. - v. 123. - №9/10. - P. 1836-1850
564. Higgitt, D.L. Giant palaeo-landslide dammed the Yangtze river/D.L. Higgitt, X. Zhang, W. Liu., Q. Tang, X. He, S. Ferrant//Geoscience Letters. - 2014. - v. 1. – article 6. - Режим доступа: <https://geoscienceletters.springeropen.com/articles/10.1186/2196-4092-1-6>
565. Hildenbrand, A. Large-scale active slump of the southeastern flank of Pico Island, Azores/A. Hildenbrand, F.O. Marques, J. Catalão, C.M.S. Catita, A.C.G. Costa//Geology. - 2012. - P. 125-128
566. Hildenbrand, A. Offshore evidence for a huge landslide of the northern flank of Tahiti-Nui (French Polynesia)/A. Hildenbrand, P.-Y. Gillot, A. Bonneville//Geochemistry, Geophysics,

- Geosystems. – 2006. – v. 7. – article Q03006. – Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005GC001003>
567. Hill, J.C. Geologic controls on submarine slope failure along the central U.S. Atlantic margin: Insights from the Currituck Slide Complex/J.C. Hill, D.S. Brothers, B.K. Craig, Y.S. ten Brink, J.D. Chaytor, C.H. Flores//Marine Geology. – 2017. – v. 385. – P. 114-130
568. Hinojosa, J.A. Unstable soil mapping in Spain/J.A. Hinojosa, C. Leon//Proc. 3rd Internat. IAEG Congress (Madrid, 4-8.09.1978). - Madrid, 1978. - v. 2 Regional planning. - P. 217-227
569. Hjelstuen, B.O. Recurrent Pleistocene mega-failures on the SW Barents Sea margin/B.O. Hjelstuen, O. Eldholm, J.I. Faleide//Earth and Planetary Science Letters. - 2007. - v. 258. - P. 605-618
570. Hogan, K.A. New insights into slide processes and seafloor geology revealed by side-scan imagery of the massive Hinlopen Slide, Arctic Ocean margin/K.A. Hogan, J.A. Dowdeswell, J. Mienert//Geo-Marine Letters. - 2013. - v. 33. - P. 325-343
571. Holcomb, R.T. Large landslides from oceanic volcanoes/R.T. Holcomb, R.C. Searle//Marine Geotechnologie. - 1991. - v. 10. - P. 19-32
572. Hu, B. New Insight into the sliding mechanism and post-stability of the 2017 Xinmo Landslide in Sichuan, China/B. Hu, L. Su, B. Zhao, Q. Xie, H. Liao, A. Pasuto, Z. Liu//Bulletin of Engineering Geology and the Environment. - 2022. - v. 81. – article 430. - Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10064-022-02917-3>
573. Hu, X. Detecting seasonal landslide movement within the Cascade landslide complex (Washington) using time-series SAR imagery/X. Hu, T. Wang, T.C. Pierson, Z. Lu, J. Kim, T.H. Cecere//Remote Sensing of Environment. - 2016. - v. 187. - P. 49-61
574. Huang, Y., Xu C., Zhang X., Xue C., Wang S. An updated database and spatial distribution of landslides triggered by the Milin, Tibet Mw6.4 Earthquake of 18 November 2017/Y. Huang, C. Xu, X. Zhang, C. Xue, S. Wang//Journal of Earth Science. - 2021. - v. 32. - №5. - P. 1069-1078
575. Huggett, R.J. Fundamentals of Geomorphology/R.J. Huggett. - 4th ed. – London: Routledge, 2017. – 543 p.
576. Hughes Clarke, J.E. Large-scale current-induced erosion and deposition in the path of the 1929 Grand Banks turbidity current/J.E. Hughes Clarke, A.N. Shor, D.J.W. Piper, L.A. Mayer//Sedimentology. - 1990. - v. 37. - P. 613-629
577. Hung, J.J. Chi-Chi earthquake induced landslides in Taiwan/J.J. Hung//International workshop on annual commemoration of Chi-Chi earthquake, Sept. 18-20, 2000, National Center for Research on Earthquake Engineering, Taipei, 2000. - v. 3. - P. 23-36
578. Hungr, O. The Varnes classification of landslide types, an update/O. Hungr, S. Leroueil, L. Picarelli//Landslides. – 2014. - v. 11. - №2. - P. 167-194
579. Hunt, J.E. Long-term (17 Ma) turbidite record of the timing and frequency of large flank

- collapses of the Canary Islands/J.E. Hunt, P.J. Talling, M.A. Clare, I. Jarvis, R.B. Wynn//*Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2014. – v. 15. – P. 3322-3345
580. Hunt, J.E. Multistage collapse of eight western Canary Island landslides in the last 1.5 Ma: Sedimentological and geochemical evidence from subunits in submarine flow deposits/J.E. Hunt, R.B. Wynn, P.J. Talling, D.G. Masson//*Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. - 2013. - v. 14. - P. 2159-2181
581. Hutchinson, J.N. General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology/J.N. Hutchinson//*Proc. of the V International Symposium on Landslides*/C. Bonnard, ed. - Rotterdam: Balkema, 1988. - v. 1. - P. 3-35
582. Ibetsberger, H.J. The Tsergo Ri landslide: an uncommon area of high morphological activity in the Langthang valley, Nepal/H.J. Ibetsberger // *Tectonophysics*. - 1996. - v. 260. - P. 85-93
583. Imbo, Y. The Gebra Slide: a submarine slide on the Trinity Peninsula Margin, Antarctica/Y. Imbo, M. De Batist, M. Canals, M.J. Prieto, J. Baraza//*Marine Geology*. - 2003. - v. 193. - P. 235-252
584. Jaboyedoff, M. Slope tectonics: a short introduction/M. Jaboyedoff, G.B. Crosta, D. Stead//*Slope Tectonics*/Jaboyedoff M., ed. - London: Geological Society, 2011. - Special Publications, №351. - P. 1-10
585. Jaedicke, C. Identification of landslide hazard and risk "hotspots" in Europe/C. Jaedicke, M. Van Den Eeckhaut, F. Nadim, J. Hervás, B. Kalsnes, B.V. Vangelsten et al.//*Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. – 2014. - v. 73. - №2. - P. 325-339
586. Jain, N. Causal analysis of unprecedented landslides during July 2021 in the Western Ghats of Maharashtra, India/N. Jain, P. Roy, T.R. Martha, N.P. Sekhar, K. Vinod Kumar//*Landslides*. - 2024. - v. 21. - P. 99-109
587. Kamp, U. Back analysis of landslide susceptibility zonation mapping for the 2005 Kashmir earthquake: an assessment of the reliability of susceptibility zoning maps/U. Kamp, L.A. Owen, B.J. Growley, G.A. Khattak//*Nat Hazards*. – 2010. – v. 54. – P. 1-25
588. Karakas, G. Derivation of earthquake-induced landslide distribution using aerial photogrammetry: the January 24, 2020, Elazig (Turkey) earthquake/G. Karakas, H.A. Nefeslioglu, S. Kocaman, M. Buyukdemircioglu, T. Yurur, C. Gokceoglu//*Landslides*. – 2021. – v. 18. - №6. - P. 2193-2209
589. Kaspar, M. Preliminary Engineering Geological Characterization of the ca. 20 km³ Dangkhar Landslide in the Spiti Valley, Himachal Pradesh, India/M. Kaspar, D.S. Kieffer//*Engineering Geology for Society and Territory: Proc. of the XII International IAEG Congress. v. 2 Landslide Processes / G. Lollino et al., eds. - Springer, 2015. - P. 891-894*
590. Kawamura, K. Large submarine landslides in the Japan Trench: A new scenario for additional tsunami generation/K. Kawamura, T. Sasaki, T. Kanamatsu, A. Sakaguchi, Y. Ogawa//*Geophysical*

- research letters. - 2012. - v. 39. - article L05308. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2011GL050661>
591. Kazeev, A. Landslide investigations in Russia and the former USSR/A. Kazeev, G. Postoev//Natural Hazards. – 2017. - v. 88.- №1. -p.p. S81-S101
592. Keefer, D.K. Investigating landslides caused by earthquakes – a historical review/D.K. Keefer//Surveys in Geophysics. - 2002. - v. 23. - P. 473-510
593. Keefer, D.K. Landslides caused by earthquakes/D.K. Keefer//Geological Society of America Bulletin. - 1984. - v. 95. - №4. - P. 406-421
594. Keefer, D.K. Landslides caused by the M 7.6 Tecoman, Mexico earthquake of January 21, 2003/D.K. Keefer, J. Wartman, C.N. Ochoa, A. Rodriguez-Marek, G.F. Wiczorek//Engineering Geology. - 2006. - v. 86. - №2-3. - P. 183-197
595. Keigler, R. The Whangaehu Formation: Debris-avalanche and lahar deposits from ancestral Ruapehu volcano, New Zealand/R. Keigler, J.-C. Thouret, K.A. Hodgson, V.E Neall., J.A. Lecointre, J.N. Procter, S.J. Cronin//Geomorphology. - 2007. - v. 133. - P. 57-79
596. Kenyon, N.H. Mass-wasting features on the continental slope of northwest Europe/N.H. Kenyon//Marine Geology. - 1987. - v. 74. - P. 57-77
597. Kervyn, M. Directional flank spreading at Mount Cameroon volcano: Evidence from analogue modeling/M. Kervyn, B. van Wyk de Vries, T.R. Walter, M.S. Njome, C.E. Suh, G.G.J. Ernst//Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2014. - v. 119. - P. 7542-7563
598. Kindred, T. Pseudotachylite-cataclasite in the damage zone located north of Box Elder Peak, Wasatch Mountains, Utah, Associated with the 57 km² Traverse Mountain Landslide/T. Kindred, J. Keith, M.A. Stearns, R. Harris, R.F. Biek, S.G. Martin et al.//Geological Society of America 130th Annual Meeting Abstracts. – Indianapolis, 2018
599. Kitts, D.B. The Structure of Geology/D.B. Kitts. – Dallas: SMU Press, 1977. - 199 p.
600. Kleinhans, M.G. Philosophy of Earth Science/M.G. Kleinhans, C.J.J. Buskes, H.W. de Regt//Philosophies of the Sciences: A Guide/F.Allhoff, Ed. – New York: Blackwell, 2010. – P. 213-236
601. Kluesner, J.W. Structural controls on slope failure within the Western Santa Barbara Channel based on 2-D and 3-D seismic imaging/J.W. Kluesner, D.S. Brothers, A.L. Wright, S.Y. Johnson // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. - 2020. - v. 21. - article e2020GC009055. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020GC009055>
602. Köppen, W. Das geographische System der Klimate//Handbuch der Klimatologie/W. Köppen. – Berlin: Verlag von Gebrüder Borntraeger, 1936. – P. 1-44
603. Korsgaard, N.J. Evidence of Middle Holocene landslide-generated tsunamis recorded in lake sediments from Saqqaq, West Greenland/N.J. Korsgaard, K. Svennevig, A.S. Søndergaard,

- G. Luetzenburg, M. Oksman, N.K. Larsen//Natural Hazards and Earth System Sciences. - 2024. – v. 24. – P. 757-772
604. Korup, O. Landslides in the Earth system/O. Korup//Landslides: types, mechanisms, and modeling/J.J. Clague, D. Stead, eds. – Cambridge: Cambridge University Press, 2012. – P. 10-23
605. Koukouvelas, I. The tectonic setting and earthquake ground hazards of the 1993 Pyrgos earthquake, Peloponnese, Greece/I. Koukouvelas, A. Mpresiakas, E. Sokos, T. Doutsos//Journal of the Geological Society. - 1996. - v. 153. - P. 39-49
606. Kravitz, G. The thermodynamics time arrow and the logical function of the uniformity principle in geohistorical explanation/G. Kravitz//Rethinking the Fabric of Geology/V.R. Baker, ed. - Geological Society of America, 2013. - Special Paper №502. - P. 19-40
607. Kreemer, C. A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model/C. Kreemer, G. Blewitt, E.C. Klein//Geochemistry, Geophysics, Geosystems. - 2014. - v. 15. - P. 3849-3889
608. Kühn, M. Seismic reconstruction of seafloor sediment deformation during volcanic debris avalanche emplacement offshore Sakar, Papua New Guinea/M. Kühn, J. Karstens, C. Berndt, S.F.L. Watt//Marine Geology. -2021. - v. 439. – article 106563. - РЕЖИМ ДОСТУПА: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025322721001456>
609. Kukowski, N. Morphotectonic and morphometric analysis of the Nazca plate and the adjacent offshore Peruvian continental slope - Implications for submarine landscape evolution/N. Kukowski, A. Hampel, S. Hoth, J. Bialas//Marine Geology. - 2008. - v. 254. - P. 107-120
610. Laberg, J.S. A submarine landslide complex affecting the Jan Mayen Ridge, Norwegian-Greenland Sea: slide-scar morphology and processes of sediment evacuation/J.S. Laberg, K. Kawamura, H. Amundsen, N. Baeten, M. Forwick, T.A. Rydningen, T.O. Vorren//Geo-Marine Letters. - 2014. - v 34. - P. 51-58
611. Laberg, J.S. The significance of contourites for submarine slope stability/J.S. Laberg, A. Camerlenghi//Developments in Sedimentology. – 2008. - P. 537-556
612. Laberg, J.S. The Trænadjupet Slide, offshore Norway - morphology, evacuation and triggering mechanisms/J.S. Laberg, T.O. Vorren//Marine Geology. - 2000. - v. 171. - P. 95-114
613. Lacroix, P. Supervised method of landslide inventory using panchromatic SPOT5 images and application to the earthquake-triggered landslides of Pisco (Peru, 2007, M_w 8.0)/P. Lacroix, B. Zavala, E. Berthier, L. Audin//Remote Sensing. - 2013. - v. 5. - P. 2590-2616
614. Lagmay, A.M.F. Volcano instability induced by strike-slip faulting/A.M.F. Lagmay, B. van Wyk Vries, N. Kerle, D.M. Pyle//Bulletin of Volcanology. – 2000. – v. 62. – P. 331-346
615. Lamarche, G. Successive, large mass-transport deposits in the south Kermadec fore-arc basin, New Zealand: The Matakaoa Submarine Instability Complex/G. Lamarche, C. Joanne, J.-Y. Collot//Geochemistry, Geophysics, Geosystems. - 2008. - v. 9. - №4. – article Q04001. - РЕЖИМ

доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2007GC001843>

616. Landslide overview map of the conterminous United State/D.H. Radbruch-Hall, R.B. Colton, W.E. Davies et al. – U.S. Geological Survey, 1978
617. Lastras, G. Slope instability along the northeastern Iberian and Balearic continental margins/G. Lastras, M. Canals, D. Amblas, J. Frigola, R. Urgeles, A.M. Calafat, J. Acosta//*Geologica Acta*. – 2007. - v. 5. - №1. – P. 35-47
618. Laudan, R. From mineralogy to geology: The Foundations of a Science, 1650-1830/R. Laudan. - Chicago: University of Chicago Press, 1987. - 287 p.
619. Lavé, J. Medieval demise of a Himalayan giant summit induced by mega-landslide/J. Lavé, C. Guérin, P. Valla, V. Guillou, T. Rigaudier et al.//*Nature*. - 2023. - v. 619(7968). - P. 94-101
620. Le Friant, A. Debris avalanche deposits offshore St. Vincent (West Indies): Impact of flank-collapse events on the morphological evolution of the island/A. Le Friant, G. Boudon, A. Arnulf, R.E.A. Robertson//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2009. - v. 179. - P. 1-10
621. Le Friant, A. Submarine record of volcanic island construction and collapse in the Lesser Antilles arc: First scientific drilling of submarine volcanic island landslides by IODP Expedition 340 / A. Le Friant, O. Ishizuka, G. Boudon, M.R. Palmer, P.J. Talling, B. Villemant et al.//*Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. - 2015. - v. 16. - P. 420-442
622. Leat, P.T. Growth and mass wasting of volcanic centers in the northern South Sandwich arc, South Atlantic, revealed by new multibeam mapping/P.T. Leat, A.J. Tate, D.R. Tappin, S.J. Day, M.J. Owen//*Marine Geology*. - 2010. - v. 275. - P. 110-126
623. Lee, K.L. Landslide of April 25, 1974 on the Mantaro river, Peru/K.L. Lee, J.M. Duncan. – Washington: National Academy of Sciences, 1975. - 72 p.
624. Lee, S.H. Gradual downslope change in high-resolution acoustic characters and geometry of large-scale submarine debris lobes in Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan), Korea/S.H. Lee, S.K. Chough, G.G. Back, Y.B. Kim, B.S. Sung//*Geo-Marine Letters*. - 1999. - v. 19. - P. 254-261
625. Legros, F. Pseudotachylyte (Frictionite) at the base of the arequipa volcanic landslide deposit (Peru): Implications for emplacement mechanisms/F. Legros, J.-M. Cantagrel, B. Devouard//*Journal of Geology*. - 2000. - v. 108. - №5. - P. 601-611
626. Legros, F. The mobility of long-runout landslides/F. Legros//*Engineering Geology*. - 2002. - v. 63. - P. 301-331
627. Lenz, B.L. Impact from large submarine landslide blocks, Offshore Oregon/B.L. Lenz, D.E. Sawyer, B. Phrampus, K. Davenport, A. Long//*Geosciences*. - 2019. - v. 9. – article 10
628. Leroueil, S. Natural slopes and cuts: movement and failure mechanism / S. Leroueil//*Geotechnique*. – 2001. - v. 51. - №3. - P. 197-243
629. Lessons Learnt from Landslide Disasters in Europe. - Ispra: Joint Research Center. European

Commission, 2003. – 91 p. - EUR20558EN

630. Lewis, D. Counterfactual dependence and time's arrow/D. Lewis//Philosophical Papers, vol. II. - Oxford: Oxford University Press, 1987. - P. 32-66
631. Li, W. Morphology, age and sediment dynamics of the upper headwall of the Sahara Slide Complex, Northwest Africa: evidence for a large Late Holocene failure/W. Li, Alves T.M., M. Urlaub, A. Georgiopoulou, I. Klauke, R. Wynn et al.//Marine Geology. - 2017. – v. 393. - P. 109-123
632. Li, W. The Agadir Slide offshore NW Africa: Morphology, emplacement dynamics, and potential contribution to the Moroccan Turbidite System W. Li, Alves T.M., M. Urlaub, L. Mehringer, A. Schürere, P. Feldens et al.//Earth and Planetary Science Letters. - 2018. - v. 498. - P. 436-449
633. Li, Y., Mo P. A unified landslide classification system for loess slopes: A critical review/Y. Li, P. Mo//Geomorphology. - 2019. - v. 340. - P. 67-83
634. Lin, M.-L. Characteristics of Landslides and Cases of Severe Landslides on Gentle Slopes Triggered by the Chi-Chi Earthquake, Taiwan, 1999/M.-L. Lin, K.-L. Wang, J.-J. Dong//Coseismic Landslides: Phenomena, Long-Term Effects and Mitigation/Towhata I., Wang G., Xu Q., Massey C., eds. - Singapore: Springer, 2022. - P. 233-262
635. Lin, Y.N., Sieh K., Stock J. Submarine landslides along the Malacca Strait-Mergui Basin shelf margin: Insights from sequence-stratigraphic analysis/Y.N. Lin, K. Sieh, J. Stock//Journal of Geophysical Research. - 2010. – v. 115. – article B12102. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2009JB007050>
636. Lindberg, B. The Nyk Slide - morphology, progression, and age of a partly buried submarine slide offshore northern Norway/B. Lindberg, J.S. Laberg, T.O. Vorren//Marine Geology. - 2004. - v. 213. - P. 277-289
637. Liu, X. Debris flow and landslide hazard mapping and risk analysis in China/X. Liu, C. Yu, P. Shi, W. Fang//Frontiers of Earth Science. – 2012. - v. 6. - №3. - P. 306-313
638. López-Venegas A.M. Submarine landslide as the source for the October 11, 1918 Mona Passage tsunami: Observations and modeling/A.M. López-Venegas, U.S. ten Brink, E.L. Geist//Marine Geology. - 2008. - v. 254. - P. 35-46
639. Lucas, G. The Archaeology of Time/G. Lucas. - London: Routledge, 2005. - 150 p.
640. Lucente, C.C. Anatomy and emplacement mechanism of a large submarine slide within a miocene foredeep in the Northern Apennines, Italy: a field perspective/C.C. Lucente, G.A. Pini//American Journal of Science. - 2003. - v. 303. - P. 565-602
641. Luo, H. Characteristic analysis of the Nayong rock avalanche based on the seismic signal / H. Luo, Y. Yin, A. Xing, K. Jin, S. Xu, Y. Zhuang//IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – v. 570. – article 042043. - Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/570/4/042043>

642. Lyell, C. Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation/C. Lyell. - London, 1833, v. 3
643. Ma, S., Shao X., Li K., Xu C. Landslides triggered by the 30th June 2012 Ms6.6 Hejing earthquake, Xinjiang province, China/S. Ma, X. Shao, K. Li, C. Xu//Bulletin of Engineering Geology and the Environment. - 2024. - v. 83. - article 256. - Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10064-024-03727-5>
644. Mahdavifar, M.R. Landslides triggered by the Avaj, Iran earthquake of June 22, 2002/M.R. Mahdavifar, S. Solaymani, M. K. Jafari//Engineering Geology. 2006. - v. 86. - №2-3. - P. 166-182
645. Malamud, B.D. Landslide inventories and their statistical properties/B.D. Malamud, D.L. Turcotte, F. Guzzetti, P. Reichenbach//Earth Surface Processes and Landforms. - 2004. - v. 29. - P. 687-711
646. Malet, J.-P. Landslide susceptibility mapping at 1:1M scale over France: exploratory results with a heuristic model/J.-P. Malet, Y. Thiery, J. Hervas, A. Günther, A. Puissant, G. Grandjean//Landslide Processes: from Geomorphologic Mapping to Dynamic Modelling: Proc. of the Internat. Conf. (Strasbiurg, 6-7.02.2009)). - Strasbiurg, 2009. - P. 315-320
647. Malone, D.H. Very large debris-avalanche deposit within the Eocene volcanic succession of the northeastern Absaroka Range, Wyoming/D.H. Malone//Geology. - 1995. - v. 23. - №7. - P. 661-664
648. Malone, D.H. Volcanic Initiation of the Eocene Heart Mountain Slide, Wyoming, USA / D.H. Malone, J.P. Craddock, M.D. Schmitz, S. Kenderes, B. Kraushaar, C.J. Murphey et al.//Journal of Geology. - 2017. - v. 125. - P. 439-457
649. Marc, O. A seismologically consistent expression for the total area and volume of earthquake-triggered landsliding/O. Marc, N. Hovius, P. Meunier, T. Gorum, T. Uchida//Journal of Geophysical Research: Earth Surface. - 2016. - v. 121. - P. 640-663,
650. Marc, O. Initial insights from a global database of rainfall-induced landslide inventories: the weak influence of slope and strong influence of total storm rainfall/O. Marc, A. Stumpf, J.-P. Malet, M. Gosset, T. Uchida, S.-H. Chiang//Earth Surface Dynamics. - 2018. - v. 6. - P. 903-922
651. Margirier, A. Tectonic and climatic controls on the Chuquibamba landslide (western Andes, southern Peru)/A. Margirier, L. Audin, J. Carcaillet, S. Schwartz, C. Benavente//Earth Surface Dynamics. - 2015. - v. 3. - P. 281-289
652. Martha, T.R. Damage and geological assessment of the 18 September 2011 Mw 6.9 earthquake in Sikkim, India using very high resolution satellite data/T.R. Martha, K.B. Govindharaj, K.V. Kumar//Geoscience Frontiers. – 2015. – v. 6. – P. 793-806
653. Martha, T.R. Landslides mapped using satellite data in the Western Ghats of India after excess rainfall during August 2018/T.R. Martha, P. Roy, K. Khanna, K. Mrinalni, K. Vinod Kumar//Current Science. - 2019. – v. 117. - №5. - P. 804-812

654. Martinez, J.F. 3D seismic interpretation of slump complexes: examples from the continental margin of Israel/J.F. Martinez, J. Cartwright, B. Hall//Basin Research. - 2005. - v. 17. - P. 83-108
655. Martino, S. Earthquake-induced ground failures in Italy from a reviewed database/S. Martino, A. Prestininzi, R.W. Romeo//Natural Hazards and Earth System Sciences. - 2014. - v. 14. - P. 799-814
656. Martino, S. Landslides triggered after the 16 August 2018 Mw 5.1 Molise earthquake (Italy) by a combination of intense rainfalls and seismic shaking / S. Martino, B. Antonielli, F. Bozzano, P. Caprari, M.E. Discenza, C. Esposito et al.//Landslides. – 2020. – v. 17. - №5. - P. 1177-1190
657. Maruyama, S. Plume tectonics/S. Maruyama//J. Geol. Soc. Japan. - 1994. - v. 100. - №1. - P. 24-49
658. Massey, C., Hancox G., Page M. Field guide for the identification and assessment of landslide and erosion features and hazards/C. Massey, G. Hancox, M. Page. - Lower Hutt: GNS Science, 2007. - 85 p.
659. Massey, C.I. Landslides triggered by the MW7.8 14 November 2016 Kaikōura earthquake: an update/C.I. Massey, D.T. Townsend, B. Lukovic, R. Morgenstern, K. Jones, B. Rosser, S. de Vilder//Landslides. – 2020. – v. 17. - №10. - P. 2401-2408
660. Masson, D.G. Slope failures on the flanks of the western Canary Islands/D.G. Masson, A.B. Watts, M.J.R. Gee, R. Urgeles, N.C. Mitchell, T.P. Le Bas, M. Canals//Earth-Science Reviews. - 2002. - v. 57. - P. 1-35
661. Masson, D.G., Harbitz C.B., Wynn R.B., Pedersen G., Løvholt F. Submarine landslides: processes, triggers and hazard prediction/D.G. Masson, C.B. Harbitz, R.B. Wynn, G. Pedersen, F. Løvholt//Philosophical Transactions of the Royal Society. - 2006. - v. 364. - P. 2009-2039
662. Masson, D.G., Le Bas T.P., Grevemeyer I., Weinrebe W. Flank collapse and large-scale landsliding in the Cape Verde Islands, off West Africa/D.G. Masson, T.P. Le Bas, I. Grevemeyer, W. Weinrebe//Geochemistry, Geophysics, Geosystems. - 2008. - v. 9. - №7. – article Q07015. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008GC001983>
663. Mather, A.E. The giant coastal landslides of Northern Chile: Tectonic and climate interactions on a classic convergent plate margin/A.E. Mather, A.J. Hartley, J.S. Griffiths//Earth and Planetary Science Letters. - 2008. - v. 388. - P. 249-256
664. McAdoo, B.G. Submarine landslide geomorphology, US continental slope/B.G. McAdoo, L.F. Pratson, D.L. Orange//Marine Geology. - 2000. - v. 169. - P. 103-136
665. McArthur, A.D. Deep-ocean channel-wall collapse order of magnitude larger than any other documented/A.D. McArthur, D.E. Tek, M. Poyatos-Moré, L. Colombera, W.D. McCaffrey // Communications Earth and Environment. - 2024. - v. 5. - article 143. - Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s43247-024-01311-z>
666. McConnell, R.G. Report on the Great Landslide at Frank/R.G. McConnell, R.W. Brock //

- Alberta, Annual Report of the Department of Interior for the year 1902-1903, 1904. - Part VIII. - 17 p.
667. Melekestsev, I.V. Gigantic rockslide avalanches on volcanoes/I.V. Melekestsev, O.A. Braitseva//Volcanol Seismol. - 1984. - №4. - P. 14-23
668. Meng, Q.R. Triassic deep-marine sedimentation in the western Qinling and Songpan terrane/Q.R. Meng, H.J. Qu, J.M. Hu//Science in China Series D: Earth Sciences. - 2007. - v. 50. - supp II. - 246-263
669. Mercurio, C. Mapping susceptibility to debris flows triggered by tropical storms: A case study of the San Vicente Volcano area (El Salvador, CA)/C. Mercurio, C. Martinello, E. Rotigliano, A.A. Argueta-Platero, M.E. Reyes-Martínez, J.Y. Rivera-Ayala, C. Conoscenti//Earth. - 2021. - v. 2. - P. 66-85
670. Mercurio, C. Predicting earthquake-induced landslides by using a stochastic modeling approach: A case study of the 2001 El Salvador coseismic landslides/C. Mercurio, L.P. Calderón-Cucunuba, A.A. Argueta-Platero, G. Azzara, C. Cappadonia, C. Martinello et al.//International Journal of Geo-Information. - 2023. - v. 12. - article 178. - Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2220-9964/12/4/178>
671. Meunier, P. Topographic site effects and the location of earthquake induced landslides/P. Meunier, N. Hovius, J.A. Haines//Earth and Planetary Science Letters. - 2008. - v. 275. - P. 221-232
672. Meyer, M. Dakar slide offshore Senegal, NW-Africa: Interaction of stacked giant mass wasting events and canyon evolution/M. Meyer, J. Geersen, S. Krastel, T. Schwenk, D. Winkelmann//Submarine Mass Movements and Their Consequences: Proc. 5th Internat. Symp. / Y. Yamada et al., eds. - Springer, 2012. - P. 177-188
673. Mikoš, M. Natural-Hazard-Related Web Observatory as a Sustainable Development Tool / M. Mikoš, N. Bezak, J.P. Costa, M.B. Massri, I. Novalija, M. Jermol, M. Grobelnik//Progress in Landslide Research and Technology/K. Sassa et al. (eds.) . - Springer, 2022. - v. 1. - Is. 1. - P. 83-97
674. Milia, A. Active tectonic structures and submarine landslides offshore southern Apulia (Italy): a new scenario for the 1743 earthquake and subsequent tsunami/A. Milia, P. Iannace, M.M. Torrente//Geo-Marine Letters. - 2017. - v. 37. - P. 229-239
675. Minami, Y. Lahar record during the last 2500 years, Chokai Volcano, northeast Japan: Flow behavior, sourced volcanic activity, and hazard implications/Y. Minami, T. Ohba, S. Hayashi, Y. Saito-Kokubu, K.S. Kataoka//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2019. - v. 387. - article 106661. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037702731930109X>
676. Minelli, L. Discovery of a gliding salt-detached megaslide, Calabria, Ionian Sea, Italy/L. Minelli, A. Billi, C. Faccenna, A. Gervasi, I. Guerra, B. Orecchio, G. Speranza//Geophysical Research Letters. - 2013 - v. 40. - P. 4220-4224

677. Mitchell, T.M. Catastrophic emplacement of giant landslides aided by thermal decomposition: Heart Mountain, Wyoming/T.M. Mitchell, S.A.F. Smith, M.H. Anders, G. Di Toro, S. Nielsen, A. Cavallo, A.D. Beard//Earth and planetary science letters. - 2015. - v. 411. - P. 199-207
678. Montanaro, C. Volcano collapse along the Aleutian Ridge (western Aleutian Arc) / C. Montanaro, J. Beget//Natural Hazards and Earth System Sciences. - 2011. - v. 11. - P. 715-730
679. Montgomery, J. The September 19, 2017 Mw 7.1 Puebla-Mexico City earthquake: Observed rockfall and landslide activity/J. Montgomery, G. Candia, A. Lemnitzer, A. Martinezd//Soil Dynamics and Earthquake Engineering. - 2020. - v. 130. - article 105972. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726119309078>
680. Moore, J.G. Giant Hawaiian landslides/J.G. Moore, W.R. Normark, R.T. Holcomb//Annu. Rev. Earth Planet. Sci. - 1994. - v. 22. - P. 119-144
681. Moreiras, S.M. Cosmogenic dating of rock avalanches constraining Quaternary stratigraphy and regional neotectonics in the Argentine Central Andes (32°S)/S.M. Moreiras, R.L. Hermanns, L. Fauqué//Quaternary Science Reviews. - 2015. - v. 112. - P. 45-58
682. Morelli, S. The Tancitaro Debris Avalanche: Characterization, propagation and modeling / S. Morelli, V.H.G. Monroy, G. Gigli, G. Falorni, E.A. Rocha, N. Casagli//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2010. - v. 193. - P. 93-105
683. Morgan, W.J. Plate velocities in the hotspot reference frame/W.J. Morgan, P.J. Morgan//Plates, plumes, and planetary processes/Foulger G.R. and Jurdy D.M., eds. - Geological Society of America Special Paper, №430, 2007. - P. 65-78
684. Morgenstern, N.R. Landslides: Seeing the ground/N.R. Morgenstern, C.D. Martin//Landslides and Engineered Slopes/Proc. X Landslide simp./Chen et al., eds. - London: Taylor & Francis Group, 2008. - v. 1. -P. 3-23
685. Moscardelli, L. Morphometry of mass-transport deposits as a predictive tool/L. Moscardelli, L. Wood//Geological Society of America Bulletin. - 2016. - v. 128. - P. 47-80
686. Moscardelli, L. New classification system for mass transport complexes in offshore Trinidad/L. Moscardelli, L. Wood//Basin Research. - 2008. - v. 20. - P. 73-98
687. Moscardelli, L. Mass-transport complexes and associated processes in the offshore area of Trinidad and Venezuela/L. Moscardelli, L. Wood, P. Mann//American Association of Petroleum Geologists Bulletin. - 2006. - v. 90. - №7. - P. 1059-1088
688. Mountjoy, J.J. Terrestrial-style slow-moving earthflow kinematics in a submarine landslide complex/J.J. Mountjoy, J. McKean, P.M. Barnes, J.R. Pettinga//Marine Geology. - 2009. - v. 267. - №3. - P. 114-127
689. Muço, B. Geohazards assessment and mapping of some Balkan countries/B. Muço, G. Alexiev, S. Aliaj, Z. Elezi, B. Grecu, N. Mandrescu et al.//Natural Hazards. - 2012. - v. 64. - №2. - P. 943-981

690. Mücher, H., van Steijn H., Kwaad F. Colluvial and Mass Wasting Deposits/H. Mücher, H. van Steijn, F. Kwaad//Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths/G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees, eds./2 ed. - Amsterdam: Elsevier, 2018. - P. 21-36
691. Multilingual landslide glossary. - Richmond, BiTech Publ., 1993. - 58 p.
692. Nadim, F. Global landslide and avalanche hotspots/F. Nadim, O. Kjekstad, P. Peduzzi, C. Herold, C. Jaedicke//Landslides. - 2006. - v. 3. - №2. - P. 159-174
693. National disaster management guidelines. Management of landslides and snow avalanches. - New Delhi: NDMA, 2009. - 144 p.
694. National landslide hazard mitigation strategy: a framework for loss reduction/E.C. Spriker, P. Gori. - Reston: U.S. Geol. Surv., 2003. - 56 p. - Circular 1244
695. Newman, E.B. Feasibility and cost of using a computer to prepare landslide susceptibility maps of the San Francisco Bay region, California/E.B. Newman, A.R. Paradis, E.E. Brabb // U.S. Geological Survey Bulletin. - 1978. - №1443. - 27 p.
696. Nichols, D.A. Landslides in Canada/D.A. Nichols//The Canadian Field-Naturalist. - 1928. - v. XLII. - Iss. December. - P. 212-220
697. Nicholson, U., Libby S., Tappin D.R., McCarthy D. The Subantarctic Front as a sedimentary conveyor belt for tsunamigenic submarine landslides/U. Nicholson, S. Libby, D.R. Tappin, D. McCarthy//Marine Geology. - 2020. - v. 424. - article 106161. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025322720300499>
698. Nomikou, P. Post-eruptive flooding of Santorini caldera and implications for tsunami generation/P. Nomikou, T.H. Druitt, C. Hübscher, T.A. Mather, M. Paulatto, L.M. Kalnins et al.//Nature communications. - 2016. - v. 7. - article 13332. - Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/ncomms13332>
699. Normandeau, A. Are Submarine Landslides an Underestimated hazard on the Western North Atlantic Passive Margin?/A. Normandeau, D.C. Campbell, D.J.W. Piper, K.A. Jenner//Geology. - 2019. - v. 47. - №9. - P. 848-852
700. Normark, W.R. Return to Ranger Submarine Slide, Baja California, Mexico / W.R. Normark//Geo-Marine Letters. - 1990. - v. 10. - P. 81-91
701. Nugraha, H.D. Lateral variability in strain along the toewall of a mass transport deposit: A case study from the Makassar Strait, offshore Indonesia/H.D. Nugraha, C.A.-L. Jackson, H.D. Johnson, D.M. Hodgson//Journal of the Geological Society. - 2020. - v. 177. - P. 1261-1279
702. Nugraha, H.D. Extreme erosion by submarine slides/H.D. Nugraha, C.A.-L. Jackson, H.D. Johnson, D.M. Hodgson, M.A. Clare//Geology. - 2022. - v. 50. - №10. - P. 1130-1134
703. Oehler, J.F. Growth and collapse of the Reunion Island volcanoes/J.F. Oehler, J.-F. Lénat, P. Labazuy//Bulletin of Volcanology. - 2008. - v. 70. - P. 717-742

704. Ogata, K. Substrate deformation and incorporation in sedimentary mélanges (olistostromes): Examples from the northern Apennines (Italy) and northwestern Dinarides (Slovenia)/K. Ogata, A. Festa, G.A. Pini, Ž. Pogačnik, C.C. Lucente//Gondwana Research. - 2019. - v. 74. - P. 101-125
705. Okamura, Y. Accretionary prism collapse: a new hypothesis on the source of the 1771 giant tsunami in the Ryukyu Arc, SW Japan/Y. Okamura, A. Nishizawa, Y. Fujii, H. Yanagisawa//Scientific Reports. - 2018. - v. 8. - article 13620. - Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-31956-8>
706. Omeru, T. Multistage, progressive slope failure in the Pleistocene pro-deltaic slope of the West Nile Delta (Eastern Mediterranean)/T. Omeru, J.A. Cartwright//Marine Geology. - 2015. - v. 362. - P. 76-92
707. Oppikofer, T. Morphologic description of the Punta Cola rock avalanche and associated minor rockslides caused by the 21 April 2007 Aysén earthquake (Patagonia, southern Chile)/T. Oppikofer, R.L. Hermanns, T.F. Redfield, S.A. Sepúlveda, P. Duhart, I. Bascuñán//Revista de la Asociación Geológica Argentina. - 2012. - v. 69. - №3. - P. 339-353
708. Ouyang, C.J. Numerical modeling and dynamic analysis of the 2017 Xinmo landslide in Maoxian County, China/C.J. Ouyang, W. Zhao, S.M. He, D.P. Wang, S. Zhou, H.C. An, Z.W. Wang, D.X. Cheng//Journal of Mountain Science. - 2017. - v. 14. - №9. - P. 1701-1711
709. Ownby, S. Volcán Tancítaro, Michoacán, Mexico, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ constraints on its history of sector collapse/S. Ownby, H.D. Granados, R.A. Lange, C.M. Hall//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2007. - v. 161. - P. 1-14
710. Özdemir, Y. A debris avalanche at Süphan stratovolcano (Turkey) and implications for hazard evaluation/Y. Özdemir, I. Akkaya, V. Oyan, K. Kelfoun//Bulletin of Volcanology. - 2016. - v. 78. - article 9. - Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00445-016-1007-6>
711. Pan, X. Submarine landslides in the west continental slope of the South China Sea and their tsunamigenic potential/X. Pan, L. Li, H.P. Nguyễn, D. Wang, A.D. Switzer//Frontiers in Earth Science. - 2022. - v. 10. - article 843173. - Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2022.843173/full>
712. Pánek, T. A megalandslide in the Northern Caucasus foredeep (Uspenskoye, Russia): Geomorphology, possible mechanism and age constraints/T. Pánek, K. Šilhán, J. Hradecký, A. Strom, V. Smolková, O. Zerkal//Geomorphology. - 2012. - v. 177. - №1. - P. 144-157
713. Papathanassiou, G., Valkaniotis S., Ganas A. Spatial patterns, controlling factors, and characteristics of landslides triggered by strike-slip faulting earthquakes: case study of Lefkada island, Greece/G. Papathanassiou, S. Valkaniotis, A. Ganas//Bulletin of Engineering Geology and the Environment. - 2021. - v. 80. - P. 3747-3765
714. Parker, R.N. Spatial distributions of earthquake-induced landslides and hillslope

- preconditioning in the northwest South Island, New Zealand/R.N. Parker, G.T. Hancox, D.N. Petley, C.I. Massey, A.L. Densmore, N.J. Rosser//*Earth Surface Dynamics*. – 2015. – v. 3. – P. 501-525
715. Pedrazzini, A. From deep seated slope deformation to rock avalanche: Destabilization and transportation models of the Sierre landslide (Switzerland)/A. Pedrazzini, M. Jabovedoff, A. Loye, M. Derron//*Tectonophysics*. - 2013. - v. 605. - P. 149-168
716. Peel, M.C. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification/M.C. Peel, B.L. Finlayson, T.A. McMahon//*Hydrology and Earth System Sciences*. – 2007. – v. 11. – P. 1633-1644
717. Penna, I.M., Hermanns R.L., Niedermann S., Folguera A. Multiple slope failures associated with neotectonic activity in the Southern Central Andes (37°-37°30'S), Patagonia, Argentina / I.M. Penna, R.L. Hermanns, S. Niedermann, A. Folguera//*Geological Society of America Bulletin*. - 2011. - v. 123. - №9-10. - P. 1880-1895
718. Petit, C. Present-day velocity and stress fields of the Amurian plate from thin-shell finite-element modeling/C. Petit, M. Fournier//*Geophys. J. Int.* – 2005. - v. 160. – p.p. 357-369
719. Perez, J.S. Impacts and causative fault of the 2022 magnitude (M_w) 7.0 Northwestern Luzon earthquake, Philippines/J.S. Perez, D.C.E. Llamas, M.P. Dizon, D.J.L. Buhay, C.J.M. Legaspi, K.D.B. Lagunsad//*Frontiers in Earth Science*. - 2023. - v. 11. - article 1091595. - Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2023.1091595/full>
720. Pfiffner, O.A. The Flims rock avalanche: structure and consequences/O.A Pfiffner//*Swiss Journal of Geosciences*. - 2022. - v. 115. - article 24. - Режим доступа: <https://sjg.springeropen.com/articles/10.1186/s00015-022-00424>
721. Philip, H. Gigantic paleolandslide associated with active faulting along the Bogd fault (Gobi-Altay, Mongolia)/H. Philip, J.-F. Ritz//*Geology*. - 1999. - v. 27. - №3. - P. 211-214
722. Pickett, S.T.A. *Ecological Understanding: The Nature of Theory and the Theory of Nature*/S.T.A. Pickett, J. Kolasa, C.G. Jones. - San Diego: Academic Press, 1994. - 233 p.
723. Pinto, L. A Neogene giant landslide in Tarapacá, northern Chile: a signal of instability of the westernmost Altiplano and palaeoseismicity effects/L. Pinto, G. Hérail, S.A. Sepúlveda, P. Krop // *Geomorphology*. - 2008. - v. 102. - P. 532-541
724. Piper, D.J.W. The sequence of events around the epicentre of the 1929 Grand Banks earthquake: initiation of debris flows and turbidity current inferred from sidescan sonar/D.J.W. Piper, P. Cochonat, M.L. Morrison//*Sedimentology*. - 1999. – v. 46. - №1. -- P. 79-97
725. Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques de mouvements de terrain. Guide méthodologique. – Paris, 1999. – 71 p.
726. Plafker, G. Geological Aspects of the May 31, 1970, Perú Earthquake/G. Plafker, G.E. Ericksen, J.F. Concha//*Bulletin of the Seismological Society of America*. - 1971. - v. 61. - №3. - P. 543-578

727. Poland, M.P. The spectrum of persistent volcanic flank instability: A review and proposed framework based on Kīlauea, Piton de la Fournaise, and Etna/M.P. Poland, A. Peltier, A. Bonforte, G. Puglisi//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2017. - v. 339. - P. 63-80
728. Pollet, N. Dynamic disintegration processes accompanying transport of the Holocene Flims sturzstrom (Swiss Alps)/N. Pollet, J.-L.M. Schneider//*Earth and Planetary Science Letters*. - 2004. - v. 221. - P. 433-448
729. Ponomarev, A.A. Protection of the transport infrastructure from influence of landslides by suspension grouting/A.A. Ponomarev, O.V. Zerkal, E.N. Samarin//*Procedia Engineering*. – 2017. - v. 189. – Is. C. - P. 879-884
730. Ponomareva, V.V. Large debris avalanches and associated eruptions in the Holocene eruptive history of Shiveluch Volcano, Kamchatka, Russia/V.V. Ponomareva, M.M. Pevzner, I.V. Melekestsev//*Bulletin of Volcanology*. - 1998. - v. 59. - P. 490-505
731. Ponomareva, V.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene-Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia/V.V. Ponomareva, I.V. Melekestsev, O.V. Dirksen//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2006. - v. 158. - P. 117-138
732. Popenoe, P. The Cape Fear Landslide: Slope Failure Associated with Salt Diapirism and Gas Hydrate Decomposition/P. Popenoe, E.A. Schmuck, W.P. Dillon//*Submarine Landslides: Selected Studies in the U.S. Exclusive Economic Zone/U.S. Geological Survey bulletin, №2002* - Denver, 1993. - P. 40-53
733. Pradhan, S.P. Mass Wasting: An Overview/S.P. Pradhan, T. Siddique//*Landslides: Theory, Practice and Modelling/S.P. Pradhan, V. Vishal, T.N. Singh, eds. – Cham: Springer, 2019. – P. 3-20*
734. Presley, T.K. Postshield volcanism and catastrophic mass wasting of the Waianae Volcano, Oahu, Hawaii/T.K. Presley, J.M. Sinton, M. Pringle//*Bulletin of Volcanology*. - 1997. - v. 58. - P. 597-616
735. Principaud, M. Large-scale carbonate submarine mass-wasting along the northwestern slope of the Great Bahama Bank (Bahamas): Morphology, architecture, and mechanisms/M. Principaud, T. Mulder, H. Gillet, J. Borgomano//*Sedimentary Geology*. 2015. - v. 317. - P. 27-42
736. Procter, J.N. Landscape and sedimentary response to catastrophic debris avalanches, western Taranaki, New Zealand/J.N. Procter, S.J. Cronin, A.V. Zernack//*Sedimentary Geology*. - 2009. - v. 220. - P. 271-287
737. Puga-Bernabéu, Á. Submarine Landslides Along the Mixed Siliciclastic-Carbonate Margin of the Great Barrier Reef (Offshore Australia)/Á. Puga-Bernabéu, J.M. Webster, R.J. Beaman, A. Thran, J. López-Cabrera, G. Hinestrosa, J. Daniell//*Submarine Landslides: Subaqueous Mass Transport Deposits from Outcrops to Seismic Profiles/K. Ogata, A. Festa, G.A. Pini, eds. - John Wiley & Sons, 2020. - P. 313-337 - Geophysical Monograph 246*

738. Qin, X. Earthquake and local rainfall triggered giant landslides in the unconsolidated sediment distribution region along the Upper Yellow River-Remote sense analysis of geological disasters / X. Qin, Z. Yin//*Journal of Remote Sensing & GIS*. - 2012. - v. 1. - №2. - article 1000e105. - Режим доступа: <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/earthquake-local-rainfall-triggered-giant-landslides-in-unconsolidated-sediment-distribution-region-along-upper-yellow-river-2169-0049.1000e105.pdf>
739. Quantin, C. Morphology and geometry of Valles Marineris landslides/C. Quantin, P. Allemand, C. Delacourt//*Planetary and Space Science*. - 2004. - v. 52. - №11. - P.1011-1022
740. Quesada-Román, A. Relationships between earthquakes, hurricanes, and landslides in Costa Rica/A. Quesada-Román, B. Fallas-López, K. Hernández-Espinoza, M. Stoffel, J.A. Ballesteros-Cánovas//*Landslides*. - 2019. - v. 16. - №8. - P. 1539-1550
741. Raab, T. What is it like to be a geologist? A phenomenology of geology and its epistemological implications/T. Raab, R. Frodeman//*Philosophy&Geography*. - 2002. - v. 5. - №1. - P. 69-81
742. Radbruch-Hall, D.H. Landslides – cause and effect/D.H. Radbruch-Hall, D.J. Varnes//*Bulletin of the International Association of Engineering Geology*. – 1976. - №14. – P. 205-216
743. Rahn, P.H. Geomorphology/P.H. Rahn//*Encyclopedia of geology*/R.C. Selley et al., eds. - Elsevier, 2005. - v. III G-M. - P. 90-95
744. Raymond, L.A. Classification of mélanges/L.A. Raymond//*Mélanges: Their Nature, Origin, and Significance*. – Geological Society of America. - 1984. - v. 198. - P. 7-20
745. Reichenbach, P. A review of statistically-based landslide susceptibility models / P. Reichenbach, M. Rossi, B.D. Malamud, M. Mihir, F. Guzzetta//*Earth-Science Reviews*. - 2018. - v. 180. – P. 60-91
746. Reynolds, N.D. Age of the late Holocene Bonneville landslide and submerged forest of the Columbia River Gorge, Oregon and Washington, USA, by radiocarbon dating/N.D. Reynolds, J.E. O'Connor, P.T. Pringle, A.C. Bourdeau, R.L. Schuster//*Quaternary Research*. - 2022. - v. 109. - P. 65-82
747. Reznichenko, N.V. Multiple origins of large hummock deposits in Alai Valley, Northern Pamir: Implications for palaeoclimate reconstructions/N.V. Reznichenko, G.R. Andrews, R.E. Geater, A. Strom//*Geomorphology*. - 2017. - v. 285. - P. 347-362
748. Robinson, T.R. The extremely long-runout Komansu rock avalanche in the Trans Alai range, Pamir Mountains, southern Kyrgyzstan/T.R. Robinson, T.R.H. Davies, N.V. Reznichenko, G.P. De Pascale//*Landslides*. - 2015. - v. 12. - №3. - P. 523-535
749. Rodríguez, C.E. Earthquake-induced landslides: 1980-1997/C.E. Rodríguez, J.J. Bommer, R.J. Chandler//*Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. - 1999. - v. 18. - P. 325-346
750. Rodriguez, M. Owen Ridge deep-water submarine landslides: implications for tsunami hazard

- along the Oman coast/M. Rodriguez, N. Chamot-Rooke, H. Hébert, M. Fournier, P. Huchon//Natural Hazards and Earth System Sciences. - 2013. - v. 13. - P. 417-424
751. Rodriguez, M. Tsunamigenic submarine landslides along the Xauen-Tofiño banks in the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea)/M. Rodriguez, C. Maleuvre, M. Jollivet-Castelot, E. d'Acremont, A. Rabaute et al.//Geophysical Journal International. - 2017. - v. 209. - P. 266-281
752. Romagnoli, C. Offshore evidence of large-scale lateral collapses on the eastern flank of Stromboli, Italy, due to structurally-controlled, bilateral flank instability/C. Romagnoli, D. Casalbore, F.L. Chiocci, A. Bosman//Marine Geology. - 2009. - v. 262. - P. 1-13
753. Romero, J.E. Mid-Holocene lateral collapse of Antuco volcano (Chile): debris avalanche deposit features, emplacement dynamics, and impacts/J.E. Romero, H. Moreno, M. Polacci, M. Burton, D. Guzmán//Landslides. - 2022. - v. 19. - P. 1321-1338
754. Rosser, B.J. Comparison of landslide inventories from the 1994 M_w 6.8 Arthurs Pass and 2015 M_w 6.0 Wilberforce earthquakes, Canterbury, New Zealand/B.J. Rosser, J.M. Carey//Landslides. - 2017. - v. 14. - №5. - P. 1171-1180
755. Rouhi, J. New insights on the emplacement kinematics of the Seymareh Landslide (Zagros Mts., Iran) through a novel spatial statistical approach/J. Rouhi, M. Delchiaro, M. Della Seta, S. Martino//Frontiers in Earth Science - 2022. - v. 10. - article 869391. - Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2022.869391/full>
756. Rovere, M. Geomorphometry of a submarine mass-transport complex and relationships with active faults in a rapidly uplifting margin (Gioia Basin, NE Sicily margin)/M. Rovere, F. Gamberi, A. Mercorella, E. Leidi//Marine Geology. - 2014. - v. 356. - P. 31-43
757. Rymer, M.J. The San Salvador Earthquake of October 10, 1986 - Geologic Aspects / M.J. Rymer//Earthquake Spectra. - 1987. - v. 3. - №3. - P. 435-463
758. Sabatakakis, N. Landslide susceptibility zonation in Greece/N. Sabatakakis, G. Koukis, E. Vassiliades, S. Lainas//Natural Hazards. - 2013. - v. 65. - №1. - P. 523-543
759. Samarin, E.N. Paleolandslides in valley of Kunya-river and their influencing on modern slope instability/E.N. Samarin, O.V. Zerkal //Landslides: Evaluation and Stabilization: Proc. IX International Symp. on Landslides/W.A. Lacerda, M. Ehrlich, S.A.B. Fontoura, A.S.F. Sayão, eds. - Balkema, 2004, v. 1. - P. 243-249
760. Samper, A. Timing of effusive volcanism and collapse events within an oceanic arc island: Basse-Terre, Guadeloupe archipelago (Lesser Antilles Arc)/A. Samper, X. Quidelleur, P. Lahitte, D. Mollex//Earth and Planetary Science Letters. - 2007. - v. 258. - P. 175-191
761. Sanjines, A.G. Sintesis historica de la vidadela Ciudad, 1548-1948/A.G. Sanjines//Primer Premiode la Alcaldia, La Paz, 1948. - 86 p.
762. Satake, K. Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea /

- K. Satake//Earth Planets Space. - 2007. - v. 59. - P. 381-390
763. Satake, K. Three-Dimensional Reconstruction and Tsunami Model of the Nuuanu and Wailau Giant Landslides, Hawaii/K. Satake, J.R. Smith, K. Shinozaki//Hawaiian Volcanoes: Deep Underwater Perspectives. - American Geophysical Union, 2002. - P. 333-346
764. Sato, H.P. Overlaying landslides distribution on the earthquake source, geological and topographical data: the Mid Niigata prefecture earthquake in 2004, Japan/H.P. Sato, T. Sekiguchi, R. Kojiroi, Y. Suzuki, M. Iida//Landslides. – 2005. - №2. - P. 143-152
765. Saunders, W. Guidelines for assessing planning policy and consent requirements for landslide prone land/W. Saunders, P. Glassey. - GNS Science Miscellaneous Series 7, 2007. - 71 p.
766. Savage, C.N. Mass-wasting, classification and damage in Ohio/C.N. Savage//The Ohio Journal of Science. – 1951. - v. LI. - №6. - P. 299-308
767. Sayago-Gil, M. Geomorphology of the Talismán Slide (Western slope of Hatton Bank, NE Atlantic Ocean)/M. Sayago-Gil, D. Long, L.M. Fernandez-Salas, K. Hitchen, N. Lopez-Gonzalez, V. Diaz-del-Rio, P. Duran-Munoz//Submarine Mass Movements and Their Consequences: Proc. 4th Internat. Symp./D.C. Mosher et al., eds. - Springer, 2010. - P. 289-300 - Advances in Natural and Technological Hazards Research, v. 28
768. Scarselli, N. Seismic Examples of Composite Slope Failures (Offshore North West Shelf, Australia)/N. Scarselli, K. McClay, C. Elders//Submarine Landslides: Subaqueous Mass Transport Deposits from Outcrops to Seismic Profiles/K. Ogata, A. Festa, G.A. Pini, eds. - John Wiley & Sons, 2020. - P. 261-276
769. Schaefer, L.N. Debris flow behavior during the September 2013 rainstorm event in the Colorado Front Range, USA/L.N. Schaefer, P.M. Santi, T.C. Duron//Landslides. -2021. - v. 18. - P. 1585-1595
770. Scheidegger, A.E. A review of recent work on mass movements on slopes and on rock falls/A.E. Scheidegger//Earth-Science Reviews. – 1984. - v. 21. - №4. - P. 225-249
771. Schneider, J.-L. La fabrique interne des dépôts du sturzstrom de Flims (Alpes Suisses): caractéristiques et implications sur les mécanismes de transport/J.-L. Schneider, P. Wassmer, B. Ledésert//Earth & Planetary Sciences. - 1999. - v. 328. - P. 607-613
772. Schoorl, J.M. Edifice growth and collapse of the Pliocene Mt. Kenya: Evidence of large scale debris avalanches on a high altitude glaciated volcano/J.M. Schoorl, A. Veldkamp, L. Claessens, W. van Gorpa, J.R. Wijbrans//Global and Planetary Change. - 2014. - v. 123. - P. 44-54
773. Schramm, J.-M. Petrologic and structural controls on geomorphology of prehistoric Tsergo Ri slope failure, Langtang Himal, Nepal/J.-M. Schramm, J.T. Weidinger, H.J. Ibetsberger // Geomorphology. - 1998. - v. 26. - P. 107-121
774. Schulten, I. A Massive Slump on the St. Pierre Slope, A New Perspective on the 1929 Grand

- Banks Submarine Landslide/I. Schulten, D.C. Mosher, D.J.W. Piper, S. Krastel//*Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. - 2019. - v. 124. - P. 7538-7561
775. Schuster, R.L. Overview of the Effects of Mass Wasting on the Natural Environment / R.L. Schuster, L.M. Highland//*Environmental & Engineering Geoscience*. – 2007. – v. XIII. - №1. – P. 25-44
776. Sedan, O. Scenario de risque mouvements de terrain: Methodologie et processus de realisation/O. Sedan, M. Terrier, A. Hohmann, H. Kobayashi, C. Mathon, J. Rohmer. – BRGM, 2011. – 291 p. – Rapport BRGM/RP- 59065-FR
777. Seeber, L. Accretion, mass wasting, and partitioned strain over the 26 Dec 2004 Mw9.2 rupture offshore Aceh, northern Sumatra/L. Seeber, C. Mueller, T. Fujiwara, K. Arai, W. Soh, Y.S. Djajadihardja, M.-H. Cormier//*Earth and Planetary Science Letters*. 2007. - v. 263. - P. 16-31
778. Selby, M.J. Hillslope materials and processes/M.J. Selby. - 2nd ed. - Oxford: Oxford University press, 1993. - 451 p.
779. Sepúlveda, S.A. Earthquake-Induced Landslides and Ground Failure in Chile: The Aysen 2007 and Maule 2010 Earthquakes/S.A. Sepúlveda, F. Ochoa-Cornejo, A. Serey//*Coseismic Landslides: Phenomena, Long-Term Effects and Mitigation*/Towhata I., Wang G., Xu Q., Massey C., eds. - Singapore: Springer, 2022. - P. 41-57
780. Serey, A. Landslides induced by the 2010 Chile megathrust earthquake: a comprehensive inventory and correlations with geological and seismic factors/A. Serey, L. Piñero-Feliciangeli, S.A. Sepúlveda, F. Poblete, D.N. Petley, W. Murphy//*Landslides*. – 2019. – v. 16. - №6. - P. 1153-1165
781. Shanmugam, G. Slides, Slumps, Debris Flows, and Turbidity Currents / G. Shanmugam//*Encyclopedia of Ocean Sciences (3rd ed.)*/J.H. Steele, ed. - Academic Press, 2019. - P. 228-257
782. Shao, X. Preliminary analysis of coseismic landslides induced by the 1 June 2022 M_s 6.1 Lushan earthquake, China/X. Shao, C. Xu, S. Ma//*Sustainability*. – 2022. – v. 14. – article 16554. - Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/24/16554>
783. Shao, X. Two public inventories of landslides induced by the 10 June 2022 Maerkang Earthquake swarm, China and ancient landslides in the affected area/X. Shao, C. Xu, P. Wang, L. Li, X. He, Z. Chen et al.//*Natural Hazards Research*. - 2022b. - v. 2. - P. 269-272
784. Sharafi, S. Evidence of the formation of landslide-dammed lakes in the Zagros Mountains range, Iran/S. Sharafi, M. Yamani, M. Ehteshami-Moinabadi//*Journal of Mountain Science*. - 2019. - v. 16. - №10. - P. 2389-2403
785. Sharma, V.K. Introduction to Process Geomorphology/V.K. Sharm. – Taylor & Francis, 2010. - 405 p.
786. Sharpe, C.F.S. Landslides and Related Phenomena/C.F.S. Sharpe. - N.Y.: Columbia University

Press, 1938. - 323 p.

787. Shea, T. Emplacement mechanisms of contrasting debris avalanches at Volcán Mombacho (Nicaragua), provided by structural and facies analysis/T. Shea, B. van Wyk de Vries, M. Pilato//*Bulletin of Volcanology* - 2008. - v. 70. - P. 899-921

788. Shroder, Jr. J.F. Slope failure and denudation in the western Himalaya/J.F. Shroder Jr.//*Geomorphology*. - 1998. - v. 26. - P. 81-105

789. Sidle, R.C. Mass movement/R.C. Sidle//*Encyclopedia of Natural Hazards*/P.T. Bobrowsky, ed. - Dordrecht: Springer, 2013 - P. 657-660

790. Sidle, R.C. Landslides: processes, prediction, and land use/R.C. Sidle, H. Ochiai. - Washington: Amer. Geophys. Union, 2006. - 312 p.

791. Siebe, C. Morphology and emplacement of an unusual debris-avalanche deposit at Jocotitfin volcano, Central Mexico/C. Siebe, J.-C. Komorowski, M.F. Sheridan//*Bulletin of Volcanology*. - 1992. - v. 54. - P. 573-589

792. Siebert, L. Large volcanic debris avalanches-characteristics of source areas, deposits, and associated eruptions/L. Siebert//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 1984. - v. 22. - P. 163-197

793. Siebert, L. Landslides resulting from structural failure of volcanoes/L. Siebert//*Review in Engineering Geology*. - 2002. - v. XV. - P. 209-235

794. Siebert, L. Large-volume volcanic edifice failures in Central America and associated hazards / L. Siebert, G.E. Alvarado, J.W. Vallance, B. van Wyk de Vries//*Volcanic hazards in Central America*/W.I. Rose et al., eds. - Geological Society of America Special Paper 412, 2006. - P. 1-26

795. Siebert, L. Volcanic hazards from Bezymianny- and Bandai-type eruptions/L. Siebert, H. Glicken, T. Ui//*Bulletin of Volcanology*. - 1987. - v. 49. - P. 435-459

796. Siebert, L. The voluminous Acajutla debris avalanche from Santa Ana volcano, western El Salvador, and comparison with other Central American edifice-failure events/L. Siebert, P. Kimberly, C.R. Pullinger//*Natural hazards in El Salvador*/W.I. Rose et al., eds. - Boulder: Geological Society of America, Special Paper 375, 2004. - P. 5-23

797. Siebert, L. Lateral edifice collapse and volcanic debris avalanches: a post-1980 Mount St. Helens perspective/L. Siebert, M.E. Reid//*Bulletin of Volcanology*. -2023. - v. 85. - paper 61. - Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00445-023-01662-z>

798. Šilhán, K. Regional, tree-ring based chronology of landslides in the Outer Western Carpathians/K. Šilhán, R. Tichavský, V. Škarpich, M. Břežný, M. Stoffel//*Geomorphology*. - 2018. - v. 321. - P. 33-44

799. Silva, C.C. Multiple Megaslide Complexes and Their Significance for the Miocene Stratigraphic Evolution of the Offshore Amazon Basin/C.C. Silva, A.T. dos Reis, R.J. Perovano,

- M.A. Gorini, M.V.M. dos Santos, I.K. Jeck et al.//Submarine Mass Movements and Their Consequences: Proc. 7th Internat. Symp./G. Lamarche et al., eds. - Springer, 2016. - P. 49-60
800. Silver, E. Volcano collapse and tsunami generation in the Bismarck Volcanic Arc, Papua New Guinea/E. Silver, S. Day, S. Ward, G. Hoffmann, P. Llanes, N. Driscoll et al.//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2009. – v. 186. – P. 210-222
801. Singhroy, V.H. Landslide/V.H. Singhroy//Encyclopedia of Remote Sensing. - Springer, 2015. - P. 328-332
802. Skempton, A.W. Stability of natural slopes and embankment foundations/A.W. Skempton, J.N. Hutchinson//Proc. 7th Intern. Conf. of Soil Mechanics and Foundation Engineering. - Mexico, State of the Art volume, 1969. - P. 291-340
803. Smith, J.R. Isostatic Consequences of Giant Landslides on the Hawaiian Ridge/J.R. Smith, P. Wessel//Pure and Applied Geophysics. - 2000. - v. 157. - P. 1097-114
804. Stagna, M.D. Large-scale submarine landslide drives long-lasting regime shift in slope sediment deposition/M.D. Stagna, V. Maselli, A. van Vliet//Geology. - 2023. - v. 51. - №2. - P. 167-173
805. Stevens, C. Mid-crustal detachment and ramp faulting in the Markham Valley, Papua New Guinea/C. Stevens, R. McCaffrey, E.A. Silver, Z. Sombo, P. English, J. van der Kevie//Geology. - 1998. - v. 26. - P. 847-850
806. Strasser, M. A slump in the trench: tracking the impact of the 2011 Tohoku-Oki earthquake/M. Strasser, M. Kölling, C.D.S. Ferreira, H.G. Fink, T. Fujiwara, S. Henkel et al.//Geology. - 2013. - v. 41. - P. 935-938
807. Strasser, M. Erosional processes, topographic length-scales and geomorphic evolution in arid climatic environments: the ‘Lluta collapse’, northern Chile/M. Strasser, F. Schlunegger//International Journal of Earth Science. - 2005. - v. 94. - P. 433-446
808. Strom, A. Role of flysch in rock avalanches formation in the eastern sector of the Alpine-Mediterranean belt/A. Strom, O. Zerkal//Italian Geotechnical Journal - Rivista Italiana Di Geotecnica. - 2022. – v. 1236. - №2. – P. 24-33
809. Strom, A. Rockslides and rock avalanches of Central Asia. Distribution, Morphology, and Internal Structure/A. Strom, K. Abdrakhmatov. – Elsevier, 2018. – 450 p.
810. Sun, Q. True volumes of slope failure estimated from a Quaternary mass-transport deposit in the northern South China Sea/Q. Sun, T.M. Alves, X. Lu, C. Chen, X. Xie//Geophysical Research Letters. 2018. - v. 45. - P. 2642-2651
811. Sun, Q. Runup of landslide-generated tsunamis controlled by paleogeography and sea-level change/Q. Sun, Q. Wang, F. Shi, T. Alves, S. Gao, X. Xie et al.//Communications earth & environment. - 2022. - v. 3. - article 244. - Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s43247->

022-00572-w

812. Synolakis, C.E. The slump origin of the 1998 Papua New Guinea Tsunami/C.E. Synolakis, J.-P. Bardet, J.C. Borrero, H.L. Davies, E.A. Okal, E.A. Silver et al.//Proceeding of the Royal Society. ser. A. Mathematical, Physical & Engineering Sciences. - 2002. - v. 458. - P. 763-789
813. Talling, P.J. Large submarine landslides on continental slopes: Geohazards, methane release, and climate change/P.J. Talling, M. Clare, M. Urlaub, E. Pope, J.E. Hunt, S.F.L. Watt//Oceanography. - 2014. - v. 27. - №2. - P. 32-45
814. Tanyaş, H. A global slope unit-based method for the near real-time prediction of earthquake-induced landslides/H. Tanyaş, M. Rossi, M. Alvioli, C.J. van Westen, I. Marchesini//Geomorphology. – 2019. – v. 327. - P. 126-146
815. Tanyaş, H. Capturing the footprints of ground motion in the spatial distribution of rainfall-induced landslides/H. Tanyaş, D. Kirschbaum, L. Lombardo//Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2021. – v. 80. - P. 4323-4345
816. Tanyaş, H. New insight into post-seismic landslide evolution processes in the tropics / H. Tanyaş, D. Kirschbaum, T. Görüm, C.J. van Westen, L. Lombardo//Frontiers in Earth Science. - 2021b. - v. 9. - article 700546. - Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2021.700546/full>
817. Tappin, D.R. The Papua New Guinea tsunami of 17 July 1998: anatomy of a catastrophic event/D.R. Tappin, P. Watts, S.T. Grilli//Natural Hazards and Earth System Science. - 2008. - v. 8. - №2. - P. 243-266
818. Tappin, D.R. Did a submarine landslide contribute to the 2011 Tohoku tsunami?/D.R. Tappin, S.T. Grilli, J.C. Harris, R.J. Geller, T. Masterlark, J.T. Kirby//Marine Geology. - 2014. - v. 357. - P. 344-361
819. Tectonic map of Northern-Central-Eastern Asia and adjacent areas//Atlas of Geological maps of Northern-Central-Eastern Asia and adjacent areas/A.F.Morozov, D. Shuwen et al., eds. - Commission for the Geological map of the World, 2014
820. Telfer, A.L. Landslides and land use planning (Landslides in Tasmania)/A.L. Telfer//Bull. Geol. Surv. Tasmania. - 1988. - №63. - 64 p.
821. ten Brink, U.S. Size distribution of submarine landslides and its implication to tsunami hazard in Puerto Rico/U.S. ten Brink, E.L. Geist, B.D. Andrews//Geophysical Research Letters. - 2006. - v. 33. – article 11307. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006GL026125>
822. Terzaghi, K. Mechanisms of landslides/K. Terzaghi//Applications of Geology to Engineering Practice/S. Paige, ed. – Berkeley: American Geological Society, 1950. - p.p. 83-124
823. The dictionary of physical geography/edited by D.S.G. Thomas. - 4th Ed. – Hoboken: Wiley &

Sons, 2016. – 614 p.

824. The landslide handbook – A guide to understanding landslides/by L.M. Highland, P. Bobrowsky. – Reston: U.S. Geol. Surv., 2008. - 129 p. - Circular 1325

825. Thuro, K. The 1806 Goldau landslide event - analysis of a large rock slide/K. Thuro, M. Hatem//Geologically Active. - London, Taylor & Francis Group, 2010. - P. 3693-3700

826. Tian, Y.Y. Detailed Inventory Mapping and Spatial Analyses to Landslides Induced by the 2013 M_s 6.6 Minxian Earthquake of China/Y.Y Tian., C. Xu, X.W. Xu, J. Chen//Journal of Earth Science. – 2016. – v. 27. - №6. – P. 1016-1026

827. Tian, Y. Geomorphometry and statistical analyses of landslides triggered by the 2015 M_w 7.8 Gorkha earthquake and the Mw 7.3 aftershock, Nepal/Y. Tian, L.A. Owen, C. Xu, L. Shen, Q. Zhou, P.M. Figueiredo//Frontiers in Earth Science. – 2020. – v. 8. - article 572449. - Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2020.572449/full>

828. Tibaldi, A. Multiple sector collapses at Stromboli volcano, Italy: how they work / A. Tibaldi//Bulletin of Volcanology. - 2001. - v. 63. - P. 112-125

829. Tibaldi, A. Subaerial-submarine evidence of structures feeding magma to Stromboli Volcano, Italy, and relations with edifice flank failure and creep/A. Tibaldi, C. Corazzato, M. Marani, F. Gamberi//Tectonophysics. - 2009. - v. 469. - P. 112-136

830. Tiwari, B., Beena A. Landslides triggered by earthquakes from 1920 to 2015/B. Tiwari, A. Beena//Advancing Culture of Living with Landslides: Proc. 4th World Landslide Forum/M. Mikos, B. Tiwari, Y. Yin, K. Sassa, eds. – Ljubljana: Springer, 2017. - v. 2, set 1. - P. 5-15

831. Tong, X. Active movement of the Cascade landslide complex in Washington from a coherence-based InSAR time series method/X. Tong, D. Schmidt//Remote Sensing of Environment. - 2016. - v. 186. - P. 405-415

832. Torelli, L. The giant chaotic body in the Atlantic Ocean off Gibraltar: new results from a deep seismic reflection survey/L. Torelli, R. Sartorit, N. Zitellini//Marine and Petroleum Geology. - 1997. - v. 14. - №2. - P. 125-138

833. Tost, M. Transport and emplacement mechanisms of channelised long-runout debris avalanches, Ruapehu volcano, New Zealand/M. Tost, S.J. Cronin, J.N. Procter//Bulletin of Volcanology. - 2014. - v. 76. - article 881. - Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00445-014-0881-z>

834. Tréhu, A.M. The hidden history of the south-central Cascadia subduction zone recorded on the Juan de Fuca plate offshore southwest Oregon/A.M. Tréhu, M. Tominaga, M. Lyle, K. Davenport, B.J. Phrampus, J. Favorito et al.//Geochemistry, Geophysics, Geosystems. - 2022. - v. 23. - article e2021GC010318. - Режим доступа: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021GC010318>

835. Trigila, A. Quality assessment of the Italian Landslide Inventory using GIS processing / A. Trigila, C. Iadanza, D. Spizzichino//Landslides. - 2010. - v. 7. - P. 455-470
836. Trincardi, F. Pleistocene Suvero slide, Paola basin, southern Italy/F. Trincardi, W.R. Normark // Marine and Petroleum Geology. - 1989. - v. 6. - P. 324-335
837. Ui, T. Volcanic dry avalanche deposits - identification and comparison with nonvolcanic debris stream deposits/T. Ui//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 1983. - v. 18. - P. 135-150
838. Ui, T. Characterization of debris avalanche deposits in Japan/T. Ui, H. Yamamoto, K. Suzuki-Kamata//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 1986. - v. 29. - P. 231-243
839. Urgeles, R. Flank stability and processes off the western Canary Islands: a review from El Hierro and La Palma/R. Urgeles, M. Canals, D.G. Masson//Scientia Marina. - 2001. - v. 65. - №1. - P. 21-31
840. Valagussa, A. Seismic and geological controls on earthquake-induced landslide size / A. Valagussa, O. Marc, P. Frattini, G.B. Crosta//Earth and Planetary Science Letters. - 2019. - v. 506. - P. 268-281
841. Vallance, J.W. Edifice collapse and related hazards in Guatemala/J.W. Vallance, L. Siebert, W.I. Rose Jr., J.R. Girón, N.G. Banks//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 1995. - v. 66. - P. 337-355
842. Valverde, V. Enormous and far-reaching debris avalanche deposits from Sangay volcano (Ecuador): Multidisciplinary study and modeling the 30 ka sector collapse/V. Valverde, P.A. Mothes, B. Beate, J. Bernard//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2021. - v. 411. - article 107172. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377027321000019>
843. van Beek, R. Hillslope processes: mass wasting, slope stability and erosion/R. van Beek, E. Cammeraat, V. Andreu, S.B. Mickovski, L. Dorren//Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions/J.E. Norris et al., eds. - Springer, 2008. - P. 17-64
844. van den Eeckhaut, M. Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: a case-study in the Flemish Ardennes, Belgium/M. Van Den Eeckhaut, T. Vanwalleghem, J. Poesen, G. Govers, G. Varstraeten, L. Vandekerckove//Geomorphology. - 2006. - v. 76. - №3 - P. 392-410
845. van den Eeckhaut, M. Statistical modelling of Europe-wide landslide susceptibility using limited landslide inventory data/M. van den Eeckhaut, J. Hervás, C. Jaedicke, J.-P. Malet, L. Montanarella, F. Nadim//Landslides. - 2012. - v. 9. - P. 357-369
846. van Westen, C.J. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview/C.J. van Westen, E. Castellanos, S.L. Kuriakose//Engineering Geology. - 2008. - v. 102. - №3-4. - p.p. 112-131
847. van Wyk de Vries, B. A gravitational spreading origin for the Socompa debris avalanche /

- B. van Wyk de Vries, S. Self, P.W. Francis, L. Keszthelyi//*Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 2001. - v. 105. - P. 225-247
848. Vanani, A.A.G. Statistical analyses of landslide size and spatial distribution triggered by 1990 Rudbar-Manjil (M_w 7.3) earthquake, northern Iran: revised inventory, and controlling factors / A.A.G. Vanani, G. Shoaiei, M. Zare//*Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. - 2021. - v. 80. - P. 3381-3403
849. Vanneste, M. Hinlopen-Yermak Landslide, Arctic Ocean - geomorphology, landslide dynamics, and tsunami simulations/M. Vanneste, C.B. Harbitz, F.V. De Blasio, S. Glimsdal, J. Mienert, A. Elverhøi//*Mass-transport deposits in deepwater settings*/R.C. Shipp, P. Weimer, H.W. Posamentier, Eds. - SEPM Spec Publ. №96, 2011. - P. 509-529
850. Varnes, D.J. and International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*/D.J. Varnes and IAEG. - Paris: UNESCO, 1984. - 63 p.
851. Varnes, D.J. *Landslide Types and Processes*//*Landslides and Engineering Practice*/D.J. Varnes. - E.B.Eckel, ed. - Washington, 1958. - Highway Research Board, Special Report №29, P. 20-47
852. Varnes, D.J. *Slope movement types and processes*/D.J. Varnes//*Landslides - Analysis and control*/R.L. Schuster, R.J. Krizek, eds. - Washington: National Research Council, 1978. - P. 11-33 - Transportation Research Board, Special Report №176
853. Veder, C. *Landslides and their stabilization*/C. Veder. - New York: Springer-Verlag, 1981. - 247 p.
854. Voigth, B. *Rockslides and avalanches: an introduction*//*Rockslides and avalanches*/B. Voigth, W.G. Pariseau. - Amsterdam: Elsevier, 1978. - v. 1. Natural Phenomena - P. 1-67
855. Voight, B. *Nature and mechanics of the Mount St Helens rockslide-avalanche of 18 May 1980* / B. Voight, R.J. Janda, H. Glicken, P.M. Douglas//*Geotechnique*. - 1983. - v. 33. - №3. - P. 243-273
856. Völker, D. *Submarine Mass Wasting Off Southern Central Chile: Distribution and Possible Mechanisms of Slope Failure at an Active Continental Margin*/D. Völker, J. Geersen, J.H. Behrmann, W.R. Weinrebe//*Submarine Mass Movements and Their Consequences: Proc. 5th Internat. Symp.* / Y. Yamada et al., eds. - Springer, 2012. - P. 379-389
857. Völker, D. *Mass wasting at the base of the south central Chilean continental margin: the Reloca Slide*/D. Völker, W. Weinrebel, J.H. Behrmann, J. Bialas, D. Klaeschen//*Adv. Geosci.* - 2009. - v. 22. - P. 155-167
858. von Huene, R. *A large tsunamogenic Landslide and debris flow along the Peru Trench*/R. von Huene, J. Bourgois, J. Miller, G. Pautot//*Journal of geophysical research*. - 1989. - v. 94. - №B2. - P. 1703-1714
859. von Huene, R. *Tsunamigenic slope failure along the Middle America Trench in two tectonic*

- settings/R. von Huene, C.R. Ranero, P. Watts//Marine Geology. - 2004. - v. 203. - P. 303-317
860. Wadge, G. The Socompa collapse and avalanche event/G. Wadge, P.W. Francis, C.F. Ramirez // Models of magmatic processes and volcanic eruptions/Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 1995. - v. 66. - P. 309-336
861. Wang, G. Research on loess flow-slides induced by rainfall in July 2013 in Yan'an, NW China/G. Wang, T. Li, X. Xing, Y. Zou//Environmental Earth Sciences - 2015. - v. 73. - P. 7933-7944
862. Wang, H.B. Analysis of a spatial distribution of landslides triggered by the 2004 Chuetsu earthquakes of Niigata Prefecture, Japan/H.B. Wang, K. Sassa, W.Y. Xu//Natural Hazards. - 2007. - v. 41. - P. 43-60
863. Wang, L. Architecture and development of a multi-stage Baiyun submarine slide complex in the Pearl River Canyon, northern South China Sea/L. Wang, S.-G. Wu, Q.-P. Li, D.-W. Wang, S.-Y. Fu//Geo-Marine Letters. - 2014. - v. 34. - P. 327-343
864. Wang, W. Investigation and dynamic analysis of the catastrophic rockslide avalanche at Xinmo, Maoxian, after the Wenchuan M_s 8.0 earthquake/W. Wang, Y. Yin, L. Yang, N. Zhang, Y. Wie//Bulletin of Engineering Geology and the Environment. - 2020. - v. 79. - P. 495-512
865. Ward, S.N. Ritter Island Volcano - lateral collapse and the tsunami of 1888/S.N. Ward, S. Day//Geophysical Journal International. - 2003. - v. 154. - P. 891-902
866. Wartman, J. Landslides in Eastern Honshu Induced by the 2011 Tohoku Earthquake/J. Wartman, L. Dunham, B. Tiwari, D. Prader//Bulletin of the Seismological Society of America, 2013, v. 103, №2B, p.p. 1503-1521
867. Watson, R.A. The Saidmarreh landslide, Iran/R.A. Watson, H.E. Wright//Geological Society of America, Spec. Paper. -1967. - v. 123. - P. 115-139
868. Watt, S. The evolution of volcanic systems following sector collapse/S. Watt//Journal of Volcanology and Geothermal Research. - 2019. - v. 384. - P. 280-303
869. Weidinger, J.T. Predesign, failure and displacement mechanisms of large rockslides in the Annapurna Himalayas, Nepal/J.T. Weidinger//Engineering Geology. - 2006. - v. 83. - P. 201-216
870. Weidinger, J.T. Frictionite as evidence for a large Late Quaternary rockslide near Kanchenjunga, Sikkim Himalayas, India - Implications for extreme events in mountain relief destruction/J.T. Weidinger, O. Korup//Geomorphology. - 2009. - v. 103. - P. 57-65
871. Weidinger, J.T. Giant rockslides from the inside/J.T. Weidinger, O. Korup, H. Munack, U. Altenberger, S.A. Dunning, G. Tippelt et al.//Earth and Planetary Science Letters. - 2014. - v. 389. - P. 62-73
872. Weidinger, J.T. On preparatory causal factors, initiating the prehistoric Tsergo Ri landslide (Langthang Himal, Nepal)/J.T. Weidinger, J.-M. Schramm, R. Surenian//Tectonophysics. - 1996. - v. 260. - P. 95-107

873. Wessel, P. Plate Tectonics/P. Wessel, R.D. Müller//Treatise on Geophysics. - 2nd ed. - Elsevier, 2015. - v. 6. - P. 45-93
874. Whitehouse, I.E. Distribution of large rock avalanche deposits in the central Southern Alps, New Zealand, New Zealand/I.E. Whitehouse//Journal of Geology and Geophysics. - 1983. - v. 26. - №3. - P. 271-279
875. Wieczorek, G.F. Triggering mechanisms and depositional rates of postglacial slope-movement processes in the Yosemite Valley, California/G.F. Wieczorek, S. Jager//Geomorphology. -1996. - v. 15. - P. 17-31
876. Wien, K. Age models for the Cape Blanc Debris Flow and the Mauritania Slide Complex in the Atlantic Ocean off NW Africa/K. Wien, M. Kolling, H.D. Schulz//Quaternary Science Reviews. - 2007. - v. 26. - P. 2558-2573
877. Wilde, M. Pan-European landslide susceptibility mapping: ELSUS Version 2/M. Wilde, A. Günther, P. Reichenbach, P. Malet, J. Hervás//Journal of Maps. 2018. - v. 14. - №2. - P. 97-104
878. Williams, S.P. Flank-Collapse on Ta'u Island, Samoan Archipelago: Timing and Hazard Implications/S.P. Williams, T.R. Davies, T.T. Barrows, M.G. Jackson, S.R. Hart, J.W. Cole//Landslide Science for a Safer Geoenvironment/Proc. 3rd World Landslide Forum: Vol. 3. Targeted Landslides/K. Sassa, P. Canuti, Y. Yin, eds. - Springer, 2014. - P. 583-588
879. Wörner, G. Evolution of the West Andean Escarpment at 18°S (N. Chile) during the last 25 Ma: uplift, erosion and collapse through time/G. Wörner, D. Uhlig, I. Kohler, H. Seyfried // Tectonophysics. - 2002. - v. 345. - P. 183-198
880. Wu, W. A distributed slope stability model for steep forested basins/W. Wu, R.C. Sidle//Water Resources Research. - 1995. - v. 31. - №8. - P. 2097-2110
881. Wu C.-H. Seismogenic fault and topography control on the spatial patterns of landslides triggered by the 2017 Jiuzhaigou earthquake/C.-H. Wu, P. Cu, Y.-S. Li, I.A. Ayala, H. Chao, S.-J. Yi//Journal of Mountain Science. 2018. - v. 15. - №4.
882. Wu, W. Landslides Triggered by the 3 August 2014 Ludian (China) M_w 6.2 Earthquake: An Updated Inventory and Analysis of Their Spatial Distribution/W. Wu, C. Xu, X. Wang, Y. Tian, F. Deng//Journal of Earth Science. – 2020. - v. 31. - №4. - P. 853-866
883. Xu, C. Landslides triggered by the 2016 M_j 7.3 Kumamoto, Japan, Earthquake/C. Xu, S.Y. Ma, Z.B. Tan, C. Xie, S. Toda, X. Huang//Landslides. – 2018. – v. 15. - №3. – P. 551-564
884. Xu, C. Landslides triggered by slipping-fault-generated earthquake on a plateau: an example of the 14 April 2010, M_s 7.1, Yushu, China earthquake/C. Xu, X. Xu, G. Yu//Landslides. – 2013. – v. 10. - №4. - P. 421-431
885. Xu, C. Preparation of earthquake-triggered landslide inventory maps using remote sensing and GIS technologies: Principles and case studies/C. Xu//Geoscience Frontiers. – 2015a. – v. 6. - P. 825-

836

886. Xu, C. Database and spatial distribution of landslides triggered by the Lushan, China M_w 6.6 earthquake of 20 April 2013/C. Xu, X. Xu, J.B.H. Shyu//*Geomorphology*. - 2015b. – v. 248. - P. 77-92
887. Xu, Q. Report on Landslides Triggered by the 2008 Wenchuan Earthquake/Q. Xu, W. Li, C. Tang, X. Fan, Y. Luo, J. Zhu et al.//*Coseismic Landslides: Phenomena, Long-Term Effects and Mitigation*/Towhata I., Wang G., Xu Q., Massey C., eds. - Singapore: Springer, 2022. - P. 1-40
888. Yagi, H. Distribution and characteristics of landslides induced by the Iwate-Miyagi Nairiku earthquake in 2008 in Tohoku District, Northeast Japan/H. Yagi, G. Sato, D. Higaki, M. Yamamoto, T. Yamasaki//*Landslides*. – 2009. – v. 6. - P. 335-344
889. Yamamoto, T. 14C ages for the Gotenba and Mabusegawa Debris Avalanche Deposits in the eastern foot of Fuji Volcano, Japan/T. Yamamoto, M. Kobayashi//*Bulletin of the Geological Survey of Japan*. - 2023. - v. 74. - №3. - P. 107-118
890. Yan, D.-P. The Longmenshan tectonic complex and adjacent tectonic units in the eastern margin of the Tibetan Plateau: A review/D.-P. Yan, Y. Zhou, L. Qiu, M.L. Wells, H. Mu, C.-G. Xu//*Journal of Asian Earth Sciences*. - 2018. - v. 164. - P. 33-57
891. Yang, L. Characteristics and numerical runout modeling analysis of the Xinmo landslide in Sichuan, China/L. Yang, W. Wang, N. Zhang, Y. Wei//*Earth Sciences Research Journal*. - 2020. - v. 24. - №2. - P. 169-181
892. Yoshida, H. Magnitude of the sediment transport event due to the Late Pleistocene sector collapse of Asama volcano, central Japan/H. Yoshida, T. Sugai//*Geomorphology*. - 2007. - v. 86. - №1-2. - P. 61-72
893. Yoshimoto, M. Subaqueous distribution and volume estimation of the debris-avalanche deposit from the 1640 eruption of Hokkaido-Komagatake volcano, southwest Hokkaido/M. Yoshimoto, R. Furukawa, F. Nanayama et al.//*Japan Jour Geol Soc Japan*. – 2003. - v. 109. - P. 595-606
894. Zaniboni, F. Tsunamis from submarine collapses along the eastern slope of the Gela Basin (Strait of Sicily)/F. Zaniboni, G. Pagnoni, M.A. Paparo, T. Gauchery, M. Rovere, A. Argnani et al.//*Frontiers Earth Science*. - 2021. - v. 8. – article 602171. - Режим доступа:
895. Zaragosi, S. The deep-sea Armorican depositional system (Bay of Biscay), a multiple source, ramp model/S. Zaragosi, R. Le Suavé, J.-F. Bourillet, G.A. Aulfret, J.-C. Faugères, C. Pujol et al.//*Geo-Marine Letters*. - 2001. - v. 20. - P. 219-232
896. Záruba, Q. Landslides and their control/Q. Záruba, V. Mencl. - 2 ed. – Amsterdam-New York: Elsevier, 1982. – 324 p.
897. Zecchin, M. The Croton Megalandslide, southern Italy: Architecture, timing and tectonic control/M. Zecchin, F. Accaino, S. Ceramicola, D. Civile, S. Critelli, K. Da Lio et al.//*Scientific report*. - 2018. - v. 8. - article 7778. - Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-26266-y>

898. Zerkal, O.V. Landslide activity and landslide hazard in Geysers Valley (Kamchatka Peninsula, Russia) (гл. 23)/O.V. Zerkal, I.P. Gvozdeva//Natural Hazards and Risk Research in Russia: Innovation and Discovery in Russian Science and Engineering. - Springer, 2019. - P. 317-344
899. Zerkal, O.V. Overview of landslides distribution in Russian Federation and variation of their activity due to climatic change (гл. 8)/O.V. Zerkal, A.L. Strom//Slope Safety Preparedness for Impact of Climatic Change/H. Ken et al. (eds.). - London: CRC Press/Balkema, 2017. - P. 253-288
900. Zerkal, O.V. Study and instrumental monitoring of landslides at the “Russkie Gorki” site in the Mzymta River valley, Sochi region, Russia (гл. 12)/O.V. Zerkal, I.V. Averin, A.A. Ponomarev, E.N. Samarin, I.K. Fomenko, I.A. Rodkina//Landslides: Detection, Prediction and Monitoring/P. Thambidurai and T. N. Singh, eds. - Springer, 2023. - P. 245-261
901. Zerkal, O.V. The Karmadon rock-ice blockage: its formation and degradation/O.V. Zerkal, A.A. Goncharov, A.P. Polkvoi, G.A. Dolgov, I.M. Vas’kov//Italian Journal of Engineering Geology and Environment/Special Issue on Security of Natural and Artificial Rockslide Dams/Ed. L.Stedile, 2006. - №1. - P. 95-97
902. Zerkal, O.V. Formation of the 2018 Bureya Landslide, Far East of Russia/O.V. Zerkal, A.N. Makhinov, A. Strom, V.I. Kim, M.E. Kharitonov, I.K. Fomenko//Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk: Proc. V World Landslide Forum, 2020/Vilimek V. et al., eds. - Springer, 2021. - v. 5. - P. 111-116
903. Zerkal, O.V. Paleolandslides a Central Part of East European Plain (Russia)/O.V. Zerkal, E.N. Samarin//Proc. of the 1st World Landslide Forum. – Tokyo, ISDR-ICL, 2008. - Poster Session Volume. - P. 119-122
904. Zerkal, O.V. Classification of Cryogenic Landslides and Related Phenomena (by Example of the Territory of Russia)/O.V. Zerkal, A.L. Strom//Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk/Arbanas Z. et al., eds/Proc. WLF 2020. - Springer, 2021. - v. 6. - P. 377-383
905. Zhang, M. Dynamics, mobility-controlling factors and transport mechanisms of rapid long-runout rock avalanches in China/M. Zhang, Y. Yin//Engineering Geology. - 2013. - v. 167. - P. 37-58
906. Zhao, B. Landslides triggered by the 2018 M_w 7.5 Palu supershear earthquake in Indonesia / B. Zhao//Engineering Geology. - 2021. - v. 294. - article 106406. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795221004178>
907. Zhao, B. Evaluation of factors controlling the spatial and size distributions of landslides, 2021 Nippes earthquake, Haiti/B. Zhao, Y. Wang, W. Li, H. Lu, Z. Li//Geomorphology. - 2022a. - v. 415. - article 108419. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X22003129>
908. Zhao, B. Geomorphic and tectonic controls of landslides induced by the 2022 Luding earthquake/B. Zhao, K.H. Hu, Z.J. Yang, Q. Liu, Q. Zou, H. Chen et al.//Journal of Mountain Science.

– 2022b. – v. 19. - №12. - P. 3323-3345

909. Zonation Map of Landslide Distribution in China, 1:6000000. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservation. - Chengdu: Chengdu Map Press, 1991 (in Chinese)

Стандарты, своды правил

910. ГОСТ 22.0.03-97/ГОСТ Р 22.0.03-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. - 11 с.

911. ГОСТ Р 22.0.03-2020 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2020. - 10 с.

912. ГОСТ 33149-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях. - М.: Стандартинформ, 2015. - 39 с.

913. ОДМ 218.2.006-2010. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог/Сост. С.И.Маций, Е.В.Безуглова, Ф.Н.Деревенец, О.Ю.Ещенко. – М.: Росавтодор, 2011. – 115 с.

914. СНиП 2.01.15-90 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. - М.: Госстрой СССР, 1991. - 32 с.

915. СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. – М.: Госстрой России, 2003. – 40 с.

916. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. - М.: Госстрой России, 2000. - 93 с.

917. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 22-02-2003). - М.: Минрегион России, 2012. - 59 с.

918. СП 420.1325800.2018 Инженерные изыскания для строительства в районах развития оползневых процессов. Общие требования. - М.: Минстрой России, 2018. - 60 с.

919. СП 436.1325800.2018 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Правила проектирования. - М.: Минстрой России, 2018. - 71 с.

920. СП РК 1.01.103-2014 Строительная терминология. Инженерные изыскания. - Астана, 2015. – 142 с. (Свод Правил Республики Казахстан)

921. ДБН В.1.1-3-97 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Основные положения. – Киев: Госстрой Украины, 1998. – 47 с.
922. ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. - Київ, 2010. - 69 с.

Фондовая

923. Бородавко В.Г. Результаты стационарных наблюдений за геодинамическими процессами левого берега р. Оби и правого берега р. Барнаулки в районе г. Барнаул. Отчет оползневой отряда по работам за 1990 г. - Новокузнецк, Алтайская гидрогеологическая экспедиция, 1991, в 2 кн.
924. Зеркаль О.В., Маркарьян В.В. и др. Отчет о результатах работ по объекту "Осуществление государственного мониторинга состояния недр территории Российской Федерации и ее континентального шельфа" за 2001-2003 г.г. (в 2-х книгах). Кн. 2. "Экзогенные геологические процессы на территории Российской Федерации". – М., 2003
925. Измайлов Я.А., Гревцева Л.М., Абрамов С.Е. и др. Обобщение результатов инженерно-геологических исследований экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье РСФСР с целью прогноза их развития, Сочи, 1987
926. Информационный бюллетень "Экзогенные геологические процессы на территории Российской Федерации", вып. 1-8/Сост. А.И. Шеко и др. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1991-1998
927. Информационный бюллетень "Экзогенные геологические процессы на территории Российской Федерации", вып. 9-14/Сост. О.В.Зеркаль и др. – М.: Госцентр «Геомониторинг» - НИЦ «ГИДГЕО», 1999-2004
928. Комарницкий Н.И., Гревцева Л.М., Гаврилова Л.Е., Плотников Ю.И. К оценке направленности оползневых и абразионно-аккумулятивных процессов на отдельных участках Черноморского побережья. - Сочи, Черноморская г/г и ИГ партия, 1975
929. Комарницкий Н.И., Чернов Н.И., Гревцева Л.М. и др. Отчет по стационарному изучению инженерно-геологических процессов на Черноморском побережье Кавказа (Краснодарский край). Инженерно-геологический ежегодник Черноморской гидрогеологической и инженерно-геологической партии за 1979 год (в 2 книгах). - Сочи, 1980, 1 кн.
930. Мельникова Г.М. и др. Отчет о результатах оперативного обследования территории Северо-Кавказского региона после природных катастроф во второй половине 2002 г. (аномальные осадки, катастрофические паводки, сход ледника). – Ессентуки, Севкавгеоинформмониторинг, 2003
931. Устинова Т.В., Иконникова А.Л. и др. Отчет-ежегодник по результатам изучения

экзогенных геологических процессов на Окско-Волжском побережье в Горьковской области и Марийской АССР, выполненного Гидрогеологической режимной партией в 1985 году. В 2 т. - Горький, 1986

932. Чернов Н.И., Голубова Л.И. и др. Отчет по стационарному изучению инженерно-геологических процессов на Черноморском побережье Кавказа (Краснодарский край). Инженерно-геологический ежегодник Черноморской гидрогеологической и инженерно-геологической партии за 1981 год (в 2 книгах). - Сочи, 1982, 1 кн.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи



Зеркаль Олег Владимирович

ПРИРОДА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ И
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ

Специальность 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

диссертация на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Том 2. Приложения

Москва

2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Приложение 1. Определения используемых терминов	3
Приложение 2. Каталог наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов на Земном шаре	52
Приложение 3. Каталог ощутимых и сильных землетрясений, сопровождавшихся интенсивным проявлением оползневых процессов	81

Определения термина «оползень» и сопряженных терминов

Автор, год	Определение
А.В. Павлов, 1905 [231, с. 3, с. 6]	<p>«Оползнем называется масса коренной породы или наносов, перемещенная (сползшая) со своего первоначального положения в более пониженные пункты и не опрокинувшаяся при этом движении.</p> <p>Если же оторвавшаяся масса опрокидывается, то образуется так называемый обвал» (с. 3)</p> <p>«Когда какая-нибудь рыхлая масса, залегающая на твердой (не пропускающей воду) породе, сползает вследствие увеличения ее веса исключительно благодаря насыщению ее водой, то образуются оплывины. Иногда насыщение водой бывает столь значительно, что набухшая масса превращается в грязевой поток.» (с. 6)</p>
И.В. Мушкетов, 1906 [204, с. 352]	<p>«Оползнем называют такое явление, когда часть пластов породы отрывается – не опрокидываясь, сравнительно спокойно сползает вниз по склону к подошве горы. ... Обвал же отличается от оползня тем, что оторвавшаяся масса породы не сползает по склону, а, опрокидываясь, быстро низвергается к подошве. ... в горах обвалы часто обуславливаются совместным действием выветривания и размыва. Но в большинстве случаев это явление зависит от размывающей деятельности подземной воды.» (с. 352)</p>
К.И. Богданович, 1913 [25, с. 81]	<p>«Движение масс, известное под названиями оползней и обвалов, есть явление нарушения равновесия в поверхностных частях земной коры, проявляющейся по склонам гор, речных долин и берегов морей, озер и т.п. ... Разница между ними прежде всего в отношении самого проявления движения, в оползнях – более медленного, иногда – длительного, хронического; в обвалах быстрого, иногда – мгновенного.» (с. 81)</p>
Ф.Ю. Левинсон- Лессинг, 1923 [172, с. 198]	<p>"... одним из характерных следствий выхода на дневную поверхность подземных вод в наклонных слоях являются, так наз., оползни. Под этим названием понимают различные случаи медленного или чаще внезапного сползания более или менее значительной толщи слоев, которые находятся на наклонной поверхности водоносного горизонта и, оторванные трещиной от соседних или вышележащих частей данного наслоения, скользят по глинистому водоупорному слою. Причиной оползней является часто отсутствие естественного стока или дренажа для подземных вод, и</p>

	<p>потому борьба с ними и сводится к устройству рационального дренажа." (с. 198)</p>
<p>В. Пенк, 1924 (цит. по Пенк, 1961) [240, с. 137-138, с. 143]</p>	<p>«Горные обвалы и родственные им процессы по существу не отличаются от явлений нисходящего движения отдельных свободных частиц, но они выделяются благодаря своим большим размерам и особым последствием. ... Вообще их нужно рассматривать как движения выравнивания, цель которых уничтожить ненормальную крутизну и восстановить тот нормальный склон, при котором данная порода устойчива. Устойчивость определяется, с одной стороны, сцеплением породы, с другой - залеганием и расположением возможно имеющих в породе поверхностей наименьшего сцепления (плоскости трещиноватости, слоистости и т.д.).» (с. 137)</p> <p>«Уменьшение сцепления вызывается в большинстве случаев водой, которая собирается на непроницаемых глинистых прослоях и превращает их в высокоподвижный смазочный материал. Если наклон слоев достаточно велик, то выше лежащая пачка соскальзывает; в другом случае нагрузка породы может выдавить слишком мало наклонный, по размякший в кашу глинистый слой (потоки выдавливания Л. Гейма).» (с. 138)</p> <p>«Обрушившаяся порода разбивается по пути на обломки. Последние двигаются дальше не скользя, а перекатываясь. Если падающая масса велика, то обломки образуют быстро движущийся поток, который катится тем дальше, даже по плоской поверхности, чем больше его масса и чем выше путь падения.» (с. 138)</p> <p>«Оползни. Речь идет о движениях веществ, содержащих коллоиды или богатых коллоидами, которые как бы текут, будучи пропитанными водой. Как и в горных обвалах, движение начинается со скольжения, поэтому при типичных оползнях образуется ниша отрыва, окруженная дугообразно расположенными плоскостями наименьшего сцепления. Но масса легко распадается на свои составные части и представляет собой тогда в зависимости от степени насыщения водой более или менее вязкую кашу, которая при движении может принять форму грязевого потока...» (с. 143)</p>
<p>И. Штини, Д.И. Мушкетов, 1925 [351, с. 145]</p>	<p>«Оползнем называется масса коренной породы или наносов, перемещенная (сползшая) со своего первоначального положения в более пониженный пункт и неопрокинутая при этом движении.</p>

	Если оторвавшаяся масса опрокидывается, то образуется обвал.» (с. 145)
И.В. Мушкетов, 1925 [205, с. 244]	«Оползнем называют такое явление, когда часть склона отрывается, не опрокидываясь, и сравнительно спокойно сползает вниз к подошве горы. Обвал же отличается от оползня тем, что оторвавшаяся масса не сползает по склону, а опрокидываясь быстро низвергается к подошве.» (с.244)
D. Nichols, 1928 [696, с. 221]	Оползень – скольжение или падение массы грунтов или горных пород от ее первоначального положения до нового. Это может произойти как спокойное и легкое нисходящее и движение направленное вовне или резкое падение грунтов или обломков, или, как сильное и внезапное. Это может произойти как движение вдоль плоскости коренных пород или как откол огромной массы от передней части утеса вкост плоскости коренных пород. (р. 221)
В.А. Обручев, 1931 [221, с. 10]	«Смещение масс, как рыхлых, т.е. почв и наносов, так и связных, коренных пород, в связи с деятельностью подземных вод, может происходить или медленно и тогда называется оползнем, или же очень быстро, часто с опрокидыванием всей массы и всегда с распадением ее на обломки и в этом случае называется обвалом.» (с. 10)
В.А. Цыбульский, 1932 [330, с. 122]	«Оползнем называется такое явление, когда часть пластов горных пород отрывается, не опрокидываясь, и сравнительно спокойно сползает вниз по склону к подошве горы или косогора.» «Обвал отличается от оползня тем, что оторвавшаяся масса породы не сползает по склону, а, опрокидываясь, быстро низвергается к подошве.»
К. Терцаги, 1932 [296, с. 75]	«Движение земляных масс могут происходить или вследствие изменения баланса действующих сил (величины нагрузки или гидростатических условий) при неизменившемся балансе сопротивлений (структуры, силы сцепления и трения), или же вследствие изменения баланса сопротивлений при неизменившихся действующих силах.» (с. 75)
П.И. Бутов, 1935 [33, с. 40-41]	«Обвалом следует называть движение сверху вниз более или менее значительной массы горной породы и в т.п., сопровождающееся часто опрокидыванием этой массы. Движение последней происходит по вертикальному (в воздухе) или близкому к нему направлению (по крутому склону) и отличается чрезвычайной быстротой. В последнем случае тип движения – катящийся» (с. 40-41) «Оползни представляют собой скользящее движение массы горных пород, преимущественно по наклонной поверхности и характеризуются

	относительной медленностью движения» (с. 41)
Н.Ф. Погребов, 1935 [247, с. 199]	«Оползнями в широком понимании этого слова, называют движения массы горных пород вниз по склону, происходящее под действием силы тяжести и в значительном числе случаев связанных с деятельностью поверхностных и подземных вод.» (с. 199)
А.П. Нифантов, 1935 [214, с. 7]	«Понятие оползень обозначает скользящее движение масс пород по наклонной поверхности.» (с. 7)
А.П. Нифантов, 1940 [215, с. 47]	«Понятие «оползень» определяет скользящее движение связанных масс грунта под влиянием их собственного веса или под влиянием внешнего давления на них со стороны других масс. Оползневое движение есть частный вид движения масс вообще.» (с. 47)
Ф.П. Саваренский, 1937 [268, с. 107]	«Оползень – один из видов денудации, ведущей к обнажению пород по склонам, помещению продуктов денудации в пониженные места, т.е. в конечном счёте, к пенепленизации страны.» (с. 107)
С.F.S. Sharpe, 1938 (цит. по Li, 2019, с. 68) [633, 785]	«оползень»– скольжение или падение относительно сухой массы грунтов, горных пород или смеси того и другого
Ф.П. Саваренский, 1939 [269, с. 150]	"Одним из проявлении, деятельности подземных и поверхностных вод на склонах является движение земляных масс под влиянием силы тяжести. Среди различных видов этого движения наибольший интерес представляют оползневые явления. Таким образом, оползневые явления представляют собой один из видов денудации, ведущий к обнажению пород по склонам и смещению продуктов денудации в пониженные места, т.е. в конечном счете к пенепленизации страны. В то время, как другие физико-геологические явления на склонах, например делювиальный процесс, происходят чрезвычайно медленно, оползневой процесс происходит сравнительно быстро, а иногда даже катастрофически." (с. 150)
С.К. Абрамов и др., 1940 [1, с. 7]	«Оползни. Под оползнем обычно понимают явление смещения земляных масс в естественных склонах или в искусственных откосах выемок или насыпей, происходящее под действием силы тяжести, по ясно выраженной поверхности скольжения без опрокидывания перемещающихся пород. Обвалы отличаются от оползней быстротой смещения пород и отсутствием ясно выраженной поверхности скольжения. Происходят они

	вследствие потери породой сопротивления сдвигающим усилиям и сопровождаются обычно опрокидыванием пород и их раздроблением.»
Н.Н. Маслов, 1941 [186, с. 138]	«Под оползнем мы подразумеваем более или менее медленное смещение под влиянием силы тяжести земляных масс вниз по склону; это явление обычно сопровождается большим или меньшим расстройством естественной структуры грунта.» (с. 138)
И.В. Попов, 1946 [249, с. 157]	«Оползни – очень распространенный процесс формирования рельефа – обусловлены региональной геологической обстановкой» (с. 157)
К.С. Оводов, 1948 [223, с. 111, с. 115]	«Оползневые явления – сложный процесс, развивающийся во времени и пространстве.» (с. 111) «... эволюция оползневых явлений в ряде случаев является характернейшим звеном в истории развития рельефа» (с. 111) «Сила тяжести – обязательная причина массовых движений горных пород» (с. 115)
А.М. Дранников, 1949 [77, с. 7], (см. также [78, с. 6])	«Движение земляных масс к местному базису денудации – один из главных видов денудации – проявляется в многообразных формах. Мы различаем два основных вида движений: оползни и обвалы. Оползни – медленное перемещение (скольжение) земляных масс (горных пород) к местному базису денудации под влиянием силы тяжести, при содействии поверхностных и подземных вод. Обвалы – мгновенное смещение (падение, опрокидывание, скатывание) горных пород к базису денудации. Имеются промежуточные, переходные формы – оползни-обвалы, т.е. смещения, начинающиеся падением, скатыванием или опрокидыванием (быстрое смещение), переходящим в скольжение (медленное движение). Оплывины, осыпи и осыпи по характеру своего движения в той или иной мере бывают близки к одной из этих форм смещений.» (с. 7)
К.Терцаги, 1950, (цит., Терцаги, 1958 [297, с. 174, с. 175, с/ 178])	«Термин <i>оползень</i> применим к явлению быстрого перемещения масс горных пород, выветрелых образований и других накоплений, покрывающих склоны. Если это движение происходит медленно, оно называется <i>пластическим течением</i> .» (с. 174) «Оползень – явление, происходящее в очень короткий промежуток времени, пока существует давление, необходимое для разрушения нижней части склона. Напротив, пластическое течение – более или менее длительный процесс. Оползень представляет собой движение массива

	<p>пород с хорошо очерченными контурами, в то время как пластическое течение может захватить грунты по всему склону и здесь нет четкой границы между движущимся и не движущимся материалом. Большинство оползней происходит только под действием силы тяжести, в то время как пластическое течение происходит под влиянием как силы тяжести, так и различных факторов.» (с. 174)</p> <p>«Если различие между оползнем и пластическим течением заключается только в скорости движения, то едва ли следует рассматривать оползень и пластическое течение как различные типы оползневого движения.» (с. 175)</p> <p>«Оползанию могут подвергаться любые горные образования от твердых пород до мягких глин.» (с. 178)</p>
М.Е. Кнорре и др., 1951 [141, с. 7]	«Оползнями называют физико-геологические явления, представляющие собой одну из форм смещения земляных масс, слагающих склоны, причем смещение происходит под действием силы тяжести. Сместившиеся земляные массы также называют оползнями. Среди других физико-геологических явлений оползни занимают промежуточное положение между обвалами и грязевыми потоками.» (с. 7)
В.Н. Славянов, 1951 [282, с. 121]	«Оползни и другие движения горных пород на склонах являются естественным геологическим процессом формирования рельефа.» (с. 121)
C.N. Savage, 1951 [766, с. 299]	Внезапное и часто впечатляющее свободное падение, скольжение, течение, ползучесть или оседание грунтовых материалов могут дорого стоить с точки зрения человеческих жизней и материального ущерба. Явления такого типа, по-разному называемые «оползнем, земляным потоком или оседанием», геологи относят к движению, контролируемому гравитацией ... К этой категории также относится перемещение сухих или сильно замерзших масс или заснеженных обломков при их перемещении под действием силы тяжести. (р. 299)
Г.С. Золотарев, 1956 [114, с. 150]	«под оползневый процесс понимается геодинамический процесс, представляющий собой особый вид движения (скольжения) масс горных пород на склоне вследствие нарушения равновесия под влиянием различных факторов» (с. 150)
D.J. Varnes, 1958 [851, с. 20]	термин «оползень» обозначает движение вниз и вовне материалов, образующих склон, состоящих из природных пород, грунтов, искусственных насыпей или комбинаций этих материалов. Движущаяся

	<p>масса может двигаться любым из трех основных типов движения: падением, скольжением или течением, или их комбинациями. (р. 20)</p>
<p>И.В. Попов, 1959 [251, с. 117, с. 118, с. 119, с. 124]</p>	<p>«Соответственно характеру (форме) движения пород, потерявших устойчивость на склоне, различают явления обвалов, осыпей и оползней.» (с. 117)</p> <p>«Для обвалов, осыпей и оползней ... движущей силой является вес пород, теряющих устойчивость на склонах. Вода играет роль в качестве фактора, подготавливающего возможность движения пород, ослабляя их прочность и целость.</p> <p>Сила тяжести может привести породы в движение только тогда, когда они слагают склоны и обрывы. Характер движения породы по склону (обвал или оползень) зависит от крутизны склона, которая в свою очередь зависит от характера пород и их физического состояния.» (с. 118)</p> <p>«Обвалом называют обрушение больших, часто гигантских, массивов горных пород, возникающее, как правило, внезапно и сопровождающееся опрокидыванием сорвавшегося массива и его дроблением при падении и ударах о нижние, выступающие части обрыва.» (с. 119)</p> <p>«Оползнем называют скользящее смещение горных пород, слагающих склон, под действием их веса. Причиной возникновения таких смещений с точки зрения механики можно считать потерю породами склона их устойчивости вследствие:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) потери породами упора у основания склона; б) ослабления прочности пород подошвы массива, слагающего склон; в) потери или ослабления связи пород на склоне с породами массива склона.» (с. 124)
<p>П.Н. Панюков, 1962 [234, с. 187, с. 188]</p>	<p>«Главная кинематическая особенность оползней – скользящее перемещение оторвавшихся от массива склона горных пород.» (с. 187)</p> <p>«Горные породы, участвующие в оползневых смещениях, образуют тело оползня. Снизу оно ограничено поверхностью скольжения.» (с. 188)</p>
<p>Е.П. Емельянова, 1963 [82, с. 82-84]</p>	<p>«Под оползнем понимается смещение вниз горных пород, слагающих склон, а нередко также его основание и территория за его бровкой, происходящее в виде скользящего движения без потери контакта между смещающимися и неподвижными породами в результате механического разрушения или течения горных пород в склоне или его основании; при оползневом смещении массы горных пород, оказавшиеся в неустойчивом</p>

	<p>состоянии, достигают нового состояния равновесия.» (с. 82)</p> <p>«... отграничивает оползни:</p> <p>а) от обвалов, при которых отделившиеся от склона массы обычно опрокидываются и часть пути проходят по воздуху, для которых наиболее характерна именно потеря контакта в процессе смещения;</p> <p>б) от осыпей, механизм образования которых отличается от обвалов только размером обрушающихся масс и при смещении которых наблюдается не только скольжение (осовы), но и перекачивание щебенки;</p> <p>в) от селей и грязевых потоков, в которых обломки пород или находятся во взвешенном состоянии в переносимой их массе, или образуют с нею в процессе смещения новую структуру, а также от переноса частиц пород водными потоками и ледниками.</p> <p>...</p> <p>Чаще всего оползни связаны с разрушением глинистых пород путем образования поверхностей скольжения или начала вязко-пластического течения.» (с. 83)</p> <p>«Предлагаемое определение, как и большинство других определений, рассматривает оползни как процесс. Кроме того, термин «оползень» и классификация оползней применяются и для образований, являющихся результатом оползневого процесса: масс смещенных пород (тело оползня или оползневые накопления) и форм рельефа, возникших при оползневом смещении.» (с. 84)</p>
<p>Г.Л. Фисенко, 1965 [316, с. 157]</p>	<p>«Осыпи ... проявляются в виде отрыва отдельных частиц, кусков и глыб от массива и скатывания их к подошве откосов. Осыпи образуются при углах откосов, превышающих углы естественного откоса (раздробленных пород), когда частица, потерявшая связь с массивом, не может удерживаться на поверхности откоса силами трения.» (с. 157)</p> <p>«Оползни характеризуются в основном медленным смещением породных масс по поверхности скольжения, которая залегает в массиве в среднем под углом, меньшим угла внутреннего трения пород, пересекаемых этой поверхностью. При этом величины напряжений по поверхности скольжения на значительной ее части находятся за пределом текучести. Вследствие этого и происходит пластическая деформация пород.» (с. 157)</p> <p>«Оплывины характеризуются перемещением в виде потока насыщенных водой рыхлых породных масс, которые растекаются по площадкам</p>

	уступов под углом 4-6° и менее, а при значительном накоплении такого материала он свободно стекает н; нижние уступы, огибая пороги коренных пород.» (с. 157)
Руководство..., 1966 [264, с. 73] (М.К. Рзаева)	«Оползень – смещение (скольжение) на склоне, под действием силы тяжести, земляных масс без потери контакта между смещающейся и неподвижной частью.» (с. 73)
Е.В. Шанцер, 1966 [338, с. 131, с. 137, с. 138, с. 144, с. 146]	<p>«С точки зрения чисто динамической характеристики, обваливание – это внезапное обрушение крупных блоков горных пород, мгновенно изменяющее морфологию обвалившегося участка склона. ... обваливание – это процесс быстротечный, катастрофический.</p> <p>Механизм осыпания в его типичном проявлении заключается в скатывании или скольжении вниз по склону небольших глыб и кусков щебня, отделяющихся от коренных пород склона в ходе физического выветривания.» (с. 131)</p> <p>«... <i>обвальные</i> и <i>осыпные</i> накопления, в их типичном выражении, действительно являются итогом проявления двух различных форм склоновой денудации, играющих качественно своеобразную историко-геологическую роль. Процессы формирования этих накоплений нужно рассматривать и как особые динамические формы осадочной аккумуляции» (с. 137)</p> <p>«<i>Оползание</i>, если его понимать не просто как образование единичных оползней, а как особую самостоятельную форму денудации, определяющую морфологическую эволюцию склонов и формирование склоновых отложений в течение длительных отрезков времени, имеет сравнительно ограниченное распространение. В типичном выражении оно свойственно только склонам, целиком или хотя бы в значительной части сложенным толщами не окаменевших глинистых и песчано-глинистых осадочных горных пород и при этом достаточно увлажняемых поверхностными или подземными водами. Это последнее обстоятельство представляет собою важную предпосылку активного развития оползания, поскольку все элементарные склоновые процессы, играющие ведущую роль в его ходе, связаны с проявлением пластичных свойств глинистых пород, реализующихся только при их влажном состоянии. ...</p> <p>Главной причиной возникновения оползневых процессов являются специфические физико-механические свойства не окаменевших глинистых</p>

	<p>пород.» (с. 138)</p> <p>«Переходя к характеристике <i>оползневых накоплений</i> как генетического типа склонового ряда, необходимо прежде всего оговорится, что под ними мы будем понимать все оползневые массы, слагающие тело оползней.» (с. 144)</p> <p>«... содержание термина солифлюкция соответствует ее пониманию не как какого-либо единичного элементарного склонового процесса, а как самодовлеющей формы склоновой денудации, в составе которой явления течения грунтовой массы играют ведущую, но не обязательно безраздельную роль. Во всяком случае, когда соблюдается это условие, конечные морфогенетические и литогенетические результаты оказываются если не вполне тождественными, то по крайней мере принципиально сходными.» (с. 146)</p>
A.W. Skempton, J.N. Hutchinson, 1969 [802, с. 292]	Общий термин «оползень» охватывает те движения грунтов или горных пород вниз по склонам, которые происходят, главным образом, в результате разрушения сдвига на границах движущейся массы. (р. 292)
Г.С. Золотарев и др., 1970 [119, с. 59-60]	«Оползни следует отличать от других гравитационных явлений на склонах – обвалов, осовов, солифлюкционных и десерпционных смещений пород, нередко происходящих одновременно с оползнями. Под оползнями имеются ввиду массы горных пород различного состава и строения объемом от сотен до многих миллионов кубических метров, смещающихся вниз по склону, для которых характерно скользящее движение по криволинейной или иной поверхности. Для обвалов и осыпей характерно обрушение и скатывание вниз по крутому склону блоков глыб и обломков пород. Солифлюкционные явления возникают в случаях сильного водонасыщения глинистых и щебенисто-глинистых масс пород на пологих (3-8°) склонах, а движение их может быть охарактеризовано как вязкое течение. Существуют переходные формы движений горных пород на склонах от оползней к селям и к обвалам» (с. 59-60)
С.С. Воскресенский, 1971 [47, с. 62, с. 63]	<p>«Оползневое движение всегда связано с наличием грунтовых вод. Их обилие – необходимое условие оползания.» (с. 62)</p> <p>«Оползнем называется смещение блоков породы объемом в десятки кубических метров и более на крутых ($\geq 15^\circ$, редко до $7-8^\circ$) склонах в результате смачивания поверхностей отрыва подземными водами. Оползают именно блоки породы, сохраняющие при этом (в пределах</p>

	блоков) свою первоначальна структуру. Оползающие горные породы обычно рыхлые или слабо сцементированные.» (с. 63)
А.А. Маккавеев, 1971 [182, с. 141, с. 146, с. 147]	<p>«ОБВАЛЫ – обрушение обрывов, часто больших и даже гигантских массивов горных пород, возникающие, как правило, внезапно и сопровождающиеся опрокидыванием сорвавшегося массива и его дроблением при падении и ударах о нижние выступающие части обрыва» (с. 141)</p> <p>«ОПОЛЗЕНЬ – скользящее смещение горных пород по склону под влиянием силы тяжести. Оползшую массу горных пород называют оползневый телом, а поверхность, по которой происходит отрыв оползневого тела и передвижением его вниз, – поверхностью скольжения, или поверхностью смещения» (с. 146)</p> <p>«ОПОЛЗЕНЬ-ОБВАЛ – оползень, при подвижке которого части оползневого тела осуществляют свободное падение, отделяясь от поверхности скольжения.» (с. 147)</p>
Н.Н. Маслов, М.Ф. Котов, 1971 [189, с. 180]	"Под оползнем мы разумеем более или менее медленное смещение земляных масс вниз по склону под влиянием силы тяжести. Это явление обычно сопровождается большим или меньшим расстройством естественной структуры грунта." (с. 180)
М.В. Седенко, 1971 [272, с. 138]	"Оползни - движение масс горных пород вниз по естественному склону или искусственному откосу под действием силы тяжести по ясно выраженной поверхности скольжения, связанное во многих случаях с деятельностью поверхностных и подземных вод" (с. 138)
Е.П. Емельянова, 1972 [83, с. 55]	<p>"Словом «оползень» обозначают как процесс, событие («оползень произошел такого-то числа»), так и геолого-геоморфологическое образование или явление как результат процесса («на участке обнаружен древний оползень»).</p> <p>... оползень – это смещение на более низкий уровень части горных пород, слагающих склон (а иногда также его основание, подножие и территорию за его бровкой) в виде скользящего движения, в основном без потери контакта между движущимися и неподвижными породами. Движение оползня начинается в результате нарушения равновесия склона и продолжается до достижения нового состояния равновесия. Оползневой процесс обладает рядом характерных черт." (с. 55)</p> <p>«Понятие «оползень» как образование включает в себя как смещенные</p>

	<p>породы, так и измененный оползанием рельеф, т. е. суммарный результат оползневого процесса. Горные породы, оползающие, в рассматриваемый момент или периодически, также называют оползнем.</p> <p>Ввиду многозначности термина «оползень» для обозначения смещенных пород употребляют также термины «оползневые накопления» и «тело оползня».</p> <p>Под термином «тело оползня» следует понимать массу горных пород, находящихся в движении или смещенных в результате одной оползневой подвижки, особенно когда эта масса в большей или меньшей степени сохраняет взаимоотношение частей, существовавшее в момент отрыва, и в ней можно выделить отдельные элементы оползня (голову, язык, борта).</p> <p>Термин «оползневые накопления» следует применять к неподвижным массам смещенных пород, накопившихся в результате, ряда оползневых смещений («накапливать» - постепенно собирать) и не расчлененных на отдельные тела и их элементы. Его можно применять также к массам, смещенным при одной подвижке, если эти массы при смещении полностью потеряли свою форму и внутреннюю структуру и достигли покоя на подножии склона (например, оползшие массы, слагающие плотины завальных озер в горных районах).</p> <p>Термин «смещенные породы» имеет наиболее широкий объем, включая понятия «тело оползня», «оползневые накопления» и все промежуточные между ними состояния.» (с. 57)</p>
Н.А. Цытович, 1973 [381, с. 139]	<p>«Нарушение равновесия массивов грунта может происходить внезапно со сползанием значительных масс грунта – такие нарушения равновесия называют <i>оползнями</i>.»(с. 139)</p>
В.И. Феронский, 1974 [286, с. 128] (Справочник)	<p>«Перемещение грунтовых масс на склонах в природных условиях является следствием нарушения равновесия сил, удерживающих грунты в статическом состоянии в пользу сил сдвигающих. Потеря устойчивости склонов проявляется в форме оползней и обвалов, когда часть склона сползает по явно выраженной поверхности скольжения. Если же поверхность скольжения выражена не явно, то нарушение устойчивости проявляется в виде сплывов и выдавливания. Последние явления наиболее точно подчиняются законам гидродинамики, поскольку при этом происходят течения, близкие к течению тяжелой жидкости.» (с. 128)</p>
Л.Д. Белый, В.В.	<p>«... под оползнями в общем смысле понимают смещения земляных масс</p>

Попов , 1975 [23, с. 196]	по склону, причем различной морфологии, строения и динамики; земляные массы могут представлять и однородные тела, например, глину или граниты, и породы разного состава, состоящие, например, из чередования различных пород: известняков, песчаников, глин и др. Оползни возникают вследствие действия силы тяжести, но силе этой, как уже говорилось выше, в природе способствуют многочисленные факторы, являющиеся своего рода спусковым крючком для начала движения. Таким существенным фактором является вода, которая, заполняя поры породы, увеличивает ее вес и, следовательно, значение моментов сил, способствующих оползанию.» (с. 196)
В.И. Славин, 1975 [281, с. 60]	«Под гравитационными процессами понимается перемещение горных пород с последующим разрушением и накоплением рыхлых, преимущественно грубообломочных отложений. ... Успешному развитию гравитационных процессов способствуют подземные пустоты, а на поверхности – обрывы, крутые склоны, интенсивное физическое выветривание, подземные и поверхностные воды, деятельность человека, а также гладкий («скользкий») глинистый фундамент, на котором часто и совершаются эти процессы. Таким образом, очень часто процесс гравитационного разрушения и перемещения сочетается с другими процессами настолько тесно, что бывает трудно определить долю участия каждого фактора. Так, например, в образовании оползней участвует помимо гравитации вода; при преобладании роли последней образуются уже такие формы движения земляных масс, как оплывины и сели. В них роль силы тяжести оказывается замаскированной. Учитывая сказанное, мы относим к гравитационным процессам в Крыму собственно гравитационные и смешанные процессы, то есть связанные с гравитацией и действием воды, выделяя среди первых обвалы, осыпи, а среди вторых – оползневые массивы, оползни, оползни-оплывины (глетчерного типа), оплывины, селевые потоки.» (с. 60)
D.H. Radbruch-Hall, D.J.Varnes, 1976 [742, p. 205]	оползень определяется как преимущественно нисходящее и направленное вглубь перемещение материала по существующим в настоящее время склонам. Это определение исключает крупномасштабные тектонические надвиги, охватывающие площади, превышающие площадь одного склона, и многие ископаемые отложения, такие как мегабрекчии, которые могут быть связаны с предыдущими склонами. Также исключается

	транспортировка материала в другой среде, такой как вода или лед. (с. 205)
В.Д. Ломтадзе, 1977 [179, с. 245]	«Оползнем следует называть массу горных пород, сползшую или сползающую вниз по склону или откосу (искусственный склон) под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических и некоторых других сил. Образование оползня есть результат геологического оползневого процесса, проявляющегося в вертикальном и горизонтальном смещениях масс горных пород вследствие нарушения их устойчивости – равновесия.» (с. 245)
А.Н. Лужецкий, 1977 [181, с. 9]	«Оползнями называют движение масс по склону под действием силы тяжести, связанное во многих случаях с деятельностью поверхностных и подземных вод.» (с. 9)
D.R. Coates, 1977 [425, с. 3]	Оползень – общий термин, используемый для обозначения различных умеренно быстрых перемещений массы, вызванных гравитацией, которые исключают ползучесть и солифлюкцию.
D.J. Varnes, 1978 [852, с. 11]	<p>Одним из очевидных изменений является использование термина «движение склонов», а не «оползни»... Термин «оползень» широко используется и, без сомнения, будет продолжать использоваться в качестве всеобъемлющего термина для обозначения почти всех разновидностей движений на склонах, включая те, которые практически не связаны с настоящим скольжением или вообще не связаны с ним. Тем не менее, улучшения в технической коммуникации требуют целенаправленных и постоянных усилий по повышению точности, связанной со значением слов, и поэтому термин «оползень» не будет использоваться для обозначения движений, которые не включают скольжение. Однако, по-видимому, не существует единого простого термина, который охватывал бы весь спектр процессов, обсуждаемых здесь. Геоморфологи увидят, что это включает в себя то, что они называют массовыми перемещениями, за исключением оседания или других форм проседания грунта.</p> <p>Классификация ... расширена и включает чрезвычайно медленные распределенные перемещения как горных пород, так и грунта; во многих классификациях эти перемещения обозначаются как ползучесть. Классификация также включает в себя все более узнаваемые обрушения при опрокидывании или запрокидывании и движения растекания. Больше</p>

	<p>внимания уделяется особенностям, связанным с перемещениями из-за промерзания и оттаивания, хотя лавины, состоящие в основном из снега и льда, как и прежде, исключены. (р. 11)</p>
<p>Геологический..., 1978 [60, с. 20, с. 32, с. 33]</p>	<p>«Обвал – как и <i>осыпь</i>, относится к <i>гравитационным движениям (перемещениям)</i> без участия воды, происходящим на крутом склоне (угол больше угла естественного откоса), вследствие потери сцепления (в результате <i>выветривания</i>) или потери временной опоры (выветривание, эрозия и абразия у основания склона).» (с. 20)</p> <p>«Обвал оползневой – отделение массива крутого склона, который сначала оползает по некоторой плоскости, а затем опрокидывается и, разбиваясь на куски, скатывается вниз.» (с. 20)</p> <p>«Оползень – отрыв земляных масс и слоистых г.п. и перемещение их по склону под влиянием силы тяжести; является одним из типов гравитационных движений (перемещений). Оползневую массу называют оползевым телом (а п. – иногда деляпсием).» (с. 33)</p>
<p>Е.М. Сергеев, 1978 [277, с. 220, с. 221, с. 223]</p>	<p>«Обвал – это отделение массы горных пород на крутом склоне с углом больше угла естественного откоса, происходящее вследствие потери устойчивости склона под влиянием различных факторов (выветривание, эрозия, абразия в основании склона и др.)» (с. 220)</p> <p>«Осыпи – это накопления, образующиеся при скатывании со склонов обломков пород различных размеров...» (с. 221)</p> <p>«... оползни весьма разнообразны и некоторые из них являются как бы промежуточным звеном между «классическими» оползнями и обвалами, другие напоминают солифлюкционные процессы, а третьи приближаются к селям. В общем представлении оползень – это скользящее смещение горных пород на склонах под действием силы тяжести при участии поверхностных или подземных вод» (с. 223)</p>
<p>П.Н. Панюков, 1978 [235, с. 177]</p>	<p>«Оползни – широко распространенный тип разрушения природных склонов.</p> <p>Главная кинематическая особенность оползней – скользящее перемещение оторвавшихся от массива склона горных пород.» (с. 177)</p> <p>«Оползни оказывают существенное изменение в рельефе и геологическом строении склона.» (с. 177)</p> <p>«Горные породы, участвующие в оползневых смещениях, образуют тело оползня. Снизу оно ограничено поверхностью скольжения, которая</p>

	обнаруживается по зеркалам скольжения, а также бороздкам и штрихам скольжения.» (с. 178)
А.Ф. Якушева, 1978 [356, с. 150]	«Оползнем называется смещение горных пород, происходящее на крутых склонах оврагов, долин рек, берегов озер и морей. Среди них наблюдается несколько категорий по характеру смещения и величине смещения – оплывины, оползни и обвалы.» (с. 150)
О.К. Леонтьев, Г.И. Рычагов, 1979 [178, с. 118, с. 121, с. 122]	«Обвалом называется процесс отрыва от основной массы горной породы крупных глыб и последующего их перемещения вниз по склону. ... Морфологическим результатом обвалов является образование стенок (плоскостей) срыва и ниш в верхних частях склонов и накопление продуктов обрушения у их подножий.» (с. 118) «... при оползании происходит перемещение монолитного блока породы. Процессы оползания всегда гидрогеологически обусловлены. Они возникают в случае, если водопроницаемые породы подстилаются горизонтом водоупорных пород, чаще всего глин. Образованию оползней особенно благоприятствует такое залегание пород, когда падение кровли водоупорных пород совпадает с направлением уклона поверхности. Водоупорный горизонт при этом служит поверхностью скольжения, по которой более или менее значительный блок породы соскальзывает вниз по склону. При оползании порода может частично дробиться, превращаться в бесструктурную массу. Скопление оползневых масс у подножья склонов называеете деляпсием.» (с. 121) «При оползании формируется определенный комплекс форм рельефа ...» (с. 122)
В.В. Кюнтцель, 1980 [169, с. 15]	«... целесообразно под оползнем понимать часть геологической среды, ограниченной земной поверхностью и поверхностью смещения, по которой без потери контакта с неподвижным основанием происходит ее перемещение на новый, как правило, более низкий гипсометрический уровень. ... под оползневым процессом следует понимать последовательные изменения состава, состояния и свойств оползня с момента его зарождения и перемещения на другой уровень, вплоть до полного затухания, проявляющиеся в деформациях, слагающих его горных пород.» (с. 15)
Н.И. Труш, М.В. Пиотровский,	«Скольжение пород разного объема, строения и состояния по поверхностям различного профиля и мощности» (с. 83)

1980 [311, с. 83]	
И.С. Шукин, 1980 [332, с. 303]	<p>«Оползень – смещение вниз по склону массы рыхлой горной породы под влиянием силы тяжести, особенно при насыщении рыхлого материала водой.» (с. 303)</p> <p>«Оползневой склон – склон с морфологическими следами оползня или серии оползней (стенка отрыва, верхняя часть поверхности скольжения и тело оползня)» (с. 303)</p>
Д.С. Кизевальтер и др., 1981 [139, с. 45-46, с. 48-49, с. 52]	<p>«... в зависимости от высоты и крутизны склонов, а также от степени и характера воздействия воды гравитационные силы вызывают возникновение целого ряда процессов. Этот ряд включает собственно гравитационные процессы (обваливание и осыпание), в которых действие силы тяжести проявляется в наиболее чистом виде; водно-гравитационные процессы (оползание и солифлюкция), когда увлажнение горных пород становится обязательным фактором при решающей роли силы тяжести, и водно-склоновые процессы (плоскостной смыв и склоновая эрозия), которые осуществляются деятельностью текучих вод, лишь подчиненных действию силы тяжести.» (с. 45)</p> <p>«<i>Обвальные процессы</i> или горные обвалы представляют собой обрушения крупных массивов горных пород, происходящие внезапно и сопровождающиеся дроблением сорвавшейся массы при ее падении к подножию склона. При обвалах значительная доля обломков проходит часть пути в свободном падении и лишь ниже по склону основная масса обвала приобретает скользящее движение ...» (с. 45-46)</p> <p>«<i>Оползание</i> представляет собой процесс соскальзывания крупных блоков или разрушенных масс горных пород по возникающим в массиве склона разрывным поверхностям. Оползание происходит под действием силы тяжести и обычно обусловлено присутствием подземных вод.» (48-49)</p> <p>«Горные породы оползневого тела образуют <i>оползневые или деляпсивные отложения</i>, представляющие собой очень своеобразный генетический тип.» (с. 52)</p> <p>«Оползневой рельеф развивается обычно на склонах на большом протяжении – там, где для этого имеются соответствующие геологические условия, вызывая образование <i>оползневых склонов</i>.» (с. 52)</p> <p>«<i>Солифлюкция</i> представляет собой процесс медленного течения поверхностного выветрелого слоя горных пород под влиянием силы</p>

	тяжести и увлажнения.» (с. 52)
М.Г. Леонов, 1981 [175, с. 5]	«Термин «олистостром» – генетический. Он не может быть применен ко всем хаотическим комплексам, потому что отражает только явление оползания, не учитывая весь комплекс процессов, приводящих к образованию несортированных глыбовых толщ. Тем более он не может быть применен к тектоническим и ледниковым образованиям.» (с. 5)
C. Veder, 1981 [853, с. 2]	Оползни, особенно в грунтах, представляют собой гравитационные перемещения грунтовых масс вниз и вовне (р. 3)
Q. Záruba, V. Menci, 1982 [896, с. 13]	«Быстрые движения в виде скольжения горных пород, отделенных от основной постоянной части склона определенной поверхностью раздела, определяются как оползни в строгом смысле. Оползневые явления также включают медленные, длительные деформации склонов, которые обычно происходят в мощной зоне, включающей систему поверхностей скольжения. Эти деформации характеризуются вязким движением На крутых скалистых стенах блоки горных пород могут быть ослаблены и обрушиться к основанию склона. Такое быстрое движение называют камнепадом.» (р. 13)
Г.С. Золотарев, 1983 [115, с. 191- 192, с. 197-198]	"В гравитационных склоновых процессах масса смещающихся горных пород, иногда с пригрузкой от сооружений и отвалов, является главной действующей силой; такие факторы, как гидродинамическое давление, сейсмогенные и другие, обуславливают дополнительные сдвигающие усилия. Несмотря на некоторую условность понятия «гравитационные склоновые процессы» его использование целесообразно в инженерной геологии и геомеханике. Процессы смыва, делювиообразование и смещение масс под давлением ледника не относятся к собственно гравитационным, хотя и происходят на склонах, так как действует внешняя сила.» (с. 191) «Характерной особенностью обвальных процессов, происходящих в горных областях и на высоких крутых обнажениях речных и морских склонов, является отчленение от основного массива блока глыбы или обломков разных объемов, их опрокидывание и последующее скатывание с большими скоростями и на значительные расстояния, часто с огромной энергией.» (с. 191-192) «Оползни наиболее разнообразны по типам, факторам образования и механизму развития и распространению среди склоновых гравитационных

	<p>процессов. Оползнями называются такие смещения на склонах горных пород разного состава, сложения и объемов, в которых преобладает механизм скольжения их по имеющейся или формируемой в процессе движения поверхности или зоне, когда сдвигающие усилия (τ) больше прочности пород (c).» (с. 197-198)</p>
Ф. Рейтер и др., 1983 [259, с. 174]	<p>«Движение склонов (откосов) представляет собой перемещение пород вниз по склону под действием силы тяжести.</p> <p>В разговорной речи распространено понятие оползание, хотя оно обозначает только один из типов движения» (с. 174)</p>
К.Ш. Шадунц, 1983 [335, с. 6]	<p>«Оползнем-потоком обычно называют массу переувлажненного глинистого, песчано-глинистого или щебенисто-глинистого грунта, который движется по наклонной поверхности, вырабатывая свое, часто извилистое, ложе» (с. 6)</p> <p>«Оползни-потоки – это тип смещения, когда движение глинистой массы происходит в виде вязкопластического течения или комбинации течения со сдвигом.» (с. 6)</p>
Глоссарий..., 1984 [67, с. 342]	<p>«Оползень – смещение части горных пород при сохранении контакта с неподвижным основанием на более низкий гипсометрический уровень» (с. 342)</p>
Ю.П. Пармузин, 1984 [236, с. 114]	<p>Оползень – отрыв и оползание под влиянием силы тяжести вниз по склону рыхлого или плотного блока горной породы без существенного нарушения структуры сползшей части. (с. 114)</p>
А.А. Чистяков, Ф.А. Щербаков, 1984 [333, с. 96]	<p>«Оползневые и обвальные скопления образуют специфические осадочные тела, называемые олистостромами.» (с. 96)</p>
А.Е. Scheidegger, 1984 [770, с. 232]	<p>Под этим термином /<i>оползень</i>/ мы понимаем быстрые (в отличие от крипа) явления, однако, без значительного участия «внешних» агентов, таких как вода или лед. Таким образом, «оползни» представляют собой быстрые движения масс. (р. 232)</p>
D.J. Varnes, 1984 [850, с. 10]	<p>термин «оползень» охватывает почти все разновидности массовых движений на склонах, включая, такие как камнепады, оползни и селевые потоки, которые практически не сопровождаются настоящим скольжением. (р. 10)</p>
M. Crozier, 1986	<p>Быстрое перемещение массы грунтового материала из-за разрушения по</p>

(цит. по Bobrowsky, 2014 [390, p. 30])	поверхности скольжения (вдоль которой происходит скольжение), когда напряжения сдвига превышают прочность на сдвиг. (p. 30)
В.Ф. Краев, 1987 [151, с. 38]	«Оползень – явление, а не процесс. В этом плане не следует употреблять термин «оползневой процесс», так как возникновение и развитие оползня – следствие не одного, а целого ряда процессов. Возникает оползень в результате нарушения устойчивости природного склона или искусственного откоса (борта) и деформации смещающихся масс пород по типу скольжения без потери контакта их с породами склона, откоса.»
Н.Ф. Петров, 1987 [242, с. 18]	«Оползень – это специфическое геологическое тело, формирующееся путём отделения части горных пород, слагающих склоновый массив, и последующего его смещения.» (с. 18)
Е.Б. Хотина, 1987 [329, с. 30]	«К гравитационным (от лат. Gravititas– тяжесть) относятся отложения, формирующиеся на склонах и у их подножий в результате смещения исходных продуктов разрушения коренных пород под воздействием собственного веса, без участия или при незначительном участии других факторов. Транспортировка и аккумуляция их могут происходить вследствие спонтанного смещения обломочного материала под воздействием силы тяжести в форме обваливания, осыпания, оползания, пластического или флюидального течения влажных или насыщенных водой масс, скольжения по мерзлой поверхности, а также в результате изменения обломков под влиянием смены температур ... Гравитационный ряд объединяет три генетических типа: коллювий, деляпсий и солифлюкций ...» (с. 30)
Н.Ф. Петров, 1988 [243, с. 83]	«Оползень – это система горнопородных (грунтовых) тел с определенными структурными, функционально-динамическими и другими свойствами и отношениями, возникающая путем отделения и смещения части пород-грунтов, слагающих склон (откос), с образованием стенки отрыва и при сохранении материальной связи со средой.» (с. 83)
Г.П. Постоев, 1988 [254, с. 52]	«Склоновая деформация – это результат процесса нарушения равновесия массива пород вследствие проявления сил гравитации, изменения напряженного состояния и прочности пород под воздействием природных и техногенных факторов.» (с. 52)
Методика..., 1988 [191, с. 81]	«Под оползневым процессом (оползанием) понимается смещение части горных пород без потери контакта с неподвижным основанием на более

	<p>низкий гипсометрический уровень. В результате этого процесса возникает и формируется новое геологическое тело – оползень, объем которого ограничивается земной поверхностью и поверхностью оползневого смещения.» (с. 81)</p>
<p>Географический ..., 1988 [57, с. 212, с. 279]</p>	<p>Оползень – отрыв и скользящее смещение (на несколько метров, реже на десятки метров, в отдельных случаях на сотни метров) массы горной породы вниз по склону под действием силы тяжести (с. 212)</p> <p>Склоновые процессы – совокупность процессов, влияющих на форму и эволюцию склонов. Характер и интенсивность склоновых процессов определяются тектоникой, геологическим строением, климатом, водным режимом местности и другими факторами. Подразделяются на склонообразующие и склономоделирующие процессы. (с. 279)</p>
<p>А.Ф. Якушева, В.И. Славин др., 1988 [357, с. 276, с. 277]</p>	<p>«Водно-гравитационные процессы. К этой категории относят наиболее широко распространенные перемещения земляных масс на склонах, называемые оползнями. В оползневых перемещениях могут участвовать крупные блоки твердых горных пород (блоковые оползни) и отдельные глыбы (глыбовые оползни), сохранившие первичную текстуру; менее прочные слоистые трещиноватые горные породы; рыхлые – раздробленные склоновые накопления коллювиального, делювиального, почвенного происхождения.» (с. 276)</p> <p>«Оползневое тело может иметь различные размеры и форму. Чаще всего оно ограничено сверху ровной или бугристой площадкой, наклоненной внутрь склона, и обрывистым бугристым склоном во фронтальной части, обращенной в направлении движения оползня. ... Оползень обычно движется по глинистым породам, служащим водоупором для водоносного горизонта и поэтому обильно смоченным водой. Вода нарушает связи между ложем и вышележащими породами и тем самым способствует развитию оползневых процессов. Поэтому оползни следует рассматривать как водно-гравитационные явления.» (с. 277)</p>
<p>A.L. Telfer, 1988 [820, с. 7]</p>	<p>Оползень представляет собой группу движений склона, при которых разрушение при сдвиге происходит вдоль определенной поверхности или комбинации поверхностей. (р. 7)</p>
<p>J.N. Hutchinson, 1988 [581, с. 3]</p>	<p>«Оползень» в его строгом смысле – относительно быстрый процесс смещения, представляющий собой движение вниз по склону массы горных пород, обломков или грунтов, вызванное разнообразными</p>

	внешними стимулами(р. 3)
D.M. Cruden, 1991 [444, с. 28]	"оползень – это «Движение массы горных пород, грунтов или обломочного материала вниз по склону»" (р. 28)
В.М. Ненахов и др., 1992 [207, с. 11, с. 12]	<p>«Геологи в большинстве своем относили олистостромы к осадочным образованиям, формирование которых связывали с оползевыми процессами.» (с. 11)</p> <p>«олистостромы – это микститы, в которых чужеродные глыбы погружены в матрикс осадочного происхождения» (с. 11)</p> <p>«Роль двух ведущих факторов образования олистостромовых комплексов – гравитационного и тектонического – не всегда одинакова, и в зависимости от преобладающего влияния того или иного фактора выделяют два основных типа олистостром – гравитационные и тектоно-гравитационные.» (с. 12)</p> <p>«В образовании олистостром гравитационного типа роль тектонического фактора ничтожна или вообще отсутствует. Кластический материал в этом случае образуется и переотлагается за счет действия обвально-оползневых процессов на склонах, имеющих достаточную крутизну и протяженность. Этот тип олистостром очень характерен для обстановок пассивных континентальных окраин. Среди них выделяются олистостромы, формирование которых связано с простыми оползнями и отложениями осадков гравитационных потоков внутри однородной по составу толщи, и олистостромы с включениями чуждых данному бассейну седиментации блоков пород.» (с. 12)</p>
Ю.Г. Симонов, 1992 [278, с. 22]	<p>«... следствие гравитационной неустойчивости горных пород из-за существования рельефа земной поверхности. ... Первый класс включает в себя процессы движения грунтовых потоков на склонах, когда неустойчивость масс определяется соотношением сил сдвига и сил трения.</p> <p>...</p> <p>Второй класс объединяет группы процессов, в которых главным рельефообразующим агентом является некоторая природная среда, гравитационно неустойчивая в приповерхностной части Земли. ...» (с. 22)</p> <p><i>(Прим. К I классу отнесены осыпание, сползание, течение, обвалы, осовы, блоковые оползни, отседания, расседание междуречий. II класс включает движение воздушных масс, движение водных масс, движение масс снега и льда).</i></p>

С.С. Воскресенский, 1992 [48, с. 129]	"Под оползанием понимается смещение горных пород на склонах, при котором преобладает скольжение по имеющейся или формируемой поверхности или системе поверхностей. При этом сдвигающие усилия больше прочности пород ... Процессы оползания связаны с подземными водами." (с. 129)
Р. Antoine, 1992 [367, с. 18, с. 19, с. 21]	<p>Обвалы. Массовое падение значительного (от тысяч м³ до сотен миллионов м³) объема скальных пород. Общая фрагментация массы пород с образованием блоков с размерами до десятков метров. Для очень больших объемов и в зависимости от морфологии местности, движение может трансформироваться в обломочный поток, способный пройти большие расстояния. (р. 18)</p> <p>Собственно оползни. Смещение скального массива или горных пород по протяженной поверхности разрушения, которая часто соответствует ранее существовавшей неоднородности; разрушение происходит под действием гравитации, внешних сил (гидравлических или сейсмических) ... (р. 19)</p> <p>Оползни-потоки. Движение массы природного полифазного (твердые/водные фрагменты, твердые/воздушные фрагменты) материала в виде вязкотекучего тела, изменяющегося в довольно широких пропорциях. Этот тип движения многочисленен в местностях с распространением слабосвязного материала. Такое движение также может затрагивать дезинтегрированные массы скальных пород после нескольких фаз их оползания. (р. 21)</p>
D. Brunnsden, 1993 [399, с. 86]	Неустойчивость склона вызвана рядом процессов формирования рельефа, в которых материалы, формирующие склон, реагируют на приложенные напряжения и внутренние изменения сопротивления, изменяя свою геометрию, перемещаясь в более низкое положение и наклон и из неустойчивого в стабильное состояние. (с. 86)
M.J. Selby, 1993 [778, с. 249]	... перемещение грунта или горной породы вниз по склону под действием силы тяжести без непосредственной помощи других сред, таких как вода, воздух или лед. Однако вода и лед часто приводят к массовым потерям, снижая прочность материалов откосов и способствуя пластичности и текучести грунта. (с. 249)
T.P. Gostelow, 1996 [529, с. 183]	Оползни можно определить ... как гравитационные перемещения грунта или горной породы вниз по склону, которые происходят главным образом в результате дискретного разрушения при сдвиге. (р. 183)

<p>М.А. Hampton, 1996 [537, p. 33]</p>	<p>Оползни были определены как движение вниз и вовне материалов, образующих склоны, при котором разрушение при сдвиге происходит вдоль одной или нескольких поверхностей Сила тяжести играет существенную роль в их механике. Скорость перемещения также была включена в определение, требуя, чтобы оползни перемещались более чем на фут или около того в год ...</p> <p>...</p> <p>Однако более правильно термин "разрушение склона" ("slope failure") относить к процессу, который приводит к оползням (т.е. оползень возникает в результате разрушения склона).</p>
<p>Методические..., 1998 [195, с. 560-562]</p>	<p>«ОСЫПЬ – отрыв, скатывание или скольжение обломков горных пород в результате выветривания по откосу при угле наклона его больше угла естественного откоса под влиянием гравитационных сил.» (с. 560)</p> <p>«ОБРУШЕНИЕ – отрыв и быстрое смещение вниз горных пород (блоков и пачек пород), слагающих откос, сопровождающееся дроблением смещающегося массива, по поверхности, совпадающей с различного рода нарушениями сплошности массива (крупные трещины, слоистость, тектонические нарушения и т.п.) и залегающей под углом, большим угла трения контактирующих по поверхности отрыва пород, когда, оторвавшись после преодоления сил сцепления, массив не может удерживаться на поверхности отрыва силами трения и смещается вниз к подошве откоса; активная стадия обрушений протекает практически мгновенно.» (с. 561)</p> <p>«ОПОЛЗЕНЬ – отрыв и перемещение отделившегося прибортового массива горных пород в виде скользящего движения по пологой поверхности неподвижного массива под влиянием силы тяжести.» (с. 562)</p>
<p>В. D'Elia et al., 1998 [452, с. 6]</p>	<p>Смещения склонов являются результатом изменений граничных условий и сложного фактического поведения грунтов в зависимости от напряжений и деформаций во времени. Основные особенности этого поведения могут быть выгодно описаны с помощью концепций предельных и критических состояний, которые применимы к различным грунтам, структурированным грунтам, от мягких глин до слабых пород, твердым глинам и ненасыщенным грунтам. (р. 6)</p>
<p>Опасные..., 1999 [226, с. 99]</p>	<p>«Под гравитационными склоновыми процессами (ГСП) понимают денудационно-аккумулятивные экзогенные геологические процессы на</p>

	<p>естественных склонах и искусственных откосах, проявляющиеся в виде смещенного грунтового материала на более низкие гипсометрические уровни под действием силы тяжести без существенного влияния каких-либо транспортирующих агентов. Основными генетическими видами ГПС являются оползни, обвалы, поверхностная и глубинная ползучесть, осыпи, к которым добавляются осы, курумы, дисерпция, солифлюкция и некоторые другие процессы и явления.» (с. 99)</p>
<p>В.Д. Ломтадзе, 1999 [180, с. 215, с. 216]</p>	<p>«Оползание – геологическое явление, наблюдающееся на склонах и откосах насыпей, дамб, выемок, котлованов, бортах карьеров и т.п., характеризующееся смещением отдельных объемов масс горных пород или подвижно соединенных между собой их частей или вязким течением горных пород под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических сил и т.п. О. свидетельствует о нарушении равновесия масс горных пород в откосах, т.е. их устойчивости» (с. 215)</p> <p>«Оползень – масса горных пород, сползшая или сползающая вниз по склону или откосу под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических и некоторых других сил» (с. 215)</p> <p>«Оползневой процесс – геологический процесс образования оползня, проявляющийся в вертикальном и горизонтальном смещениях масс горных пород вследствие нарушения их равновесия и устойчивости, разрушения склонов и откосов, изменения их очертаний, рельефа и внутреннего строения оползневых накоплений» (с. 216)</p>
<p>М. Скиннер и др., 1999 [280, с. 263]</p>	<p>"Оползание - форма массивованного движения материала вниз по склону. На склоне выветренный материал аккумулируется и, достигнув критической массы, начинает перемещение вниз по криволинейной плоскости, совершая ротационное движение. Процессу способствует определенное увлажнение пород, предваряющее начало движения, что отличает оползание от движения оползня." (с. 263)</p> <p>"Оползень – разновидность массового движения склоновых отложений, при котором они единым потоком движутся вниз. Возникновение таких потоков особенно характерно при наличии плоскостей напластования, залегающих под углом, близким к углу склона. Накопление достаточно большого количества воды в выветренных поверхностных отложениях и почвенной массе приводит их в движение." (с. 263)</p>
<p>М. Crozier, 1999</p>	<p>движение массы склонообразующего материала вниз или наружу под</p>

[442, с. 84]	действием силы тяжести, происходящее по отдельной границе и первоначально происходящее без помощи воды в качестве транспортного средства (р. 84)
R. Fell et al., 2000 [490, с. 22]	Оползень - движение массы горных пород, обломков, или земли (грунтов) вниз по склону (под влиянием силы тяжести). (р. 22)
И.П. Иванов, Ю.Б. Тржцинский, 2001 [126, с. 262]	<p>"Обвальные явления происходят с большой скоростью на очень крутых ($\alpha > 80^\circ$) склонах и откосах, сложенных скальными трещиноватыми породами, когда отдельные блоки обваливаются или вываливаются из откоса с некоторым поворотом к его основанию"</p> <p>"Оползневые явления (оползни) - движение больших масс горных пород вниз со склона или откоса по поверхности (или поверхностям) скольжения под влиянием различных гравитационных сил (веса пород, давления воды, сейсмического воздействия, техногенной нагрузки).»</p>
H.L. Delano, J.P. Wilshusen, 2001 [461, с. 1]	<p>Оползень – это естественный геологический процесс, связанный с перемещением грунтовых материалов вниз по склону. (с. 1)</p> <p>Оползень – это движение неустойчивой массы горных пород, неконсолидированных осадков или обломков вниз по склону. Скорость движения оползней колеблется от быстрой до очень медленной. Оползень может повлечь за собой большие или малые объемы материала. Основными типами движений являются падение, скольжение и движение, но их комбинации являются общими. Материал может перемещаться почти неповрежденными блоками или сильно деформироваться и перестраиваться. Склон может быть почти вертикальным или довольно пологим. (р. 1)</p>
S. Leroueil, 2001 [628, с. 196]	<p>Земная поверхность является частью динамической системы, развивающейся как постепенно, так и эпизодически под действием геологических, геоморфологических и метеорологических процессов. Оползни являются одним из аспектов этой эволюции...</p> <p>... геология играет важную роль в формировании склонов. Однако движения склона как таковые представляют собой механическую реакцию грунтов или горных пород на изменения геометрии, граничных условий, порового давления или параметров прочности со временем. Таким образом, они также должны быть рассмотрены с механической или геотехнической точки зрения. На самом деле, хорошее понимание движений склонов может быть получено только в результате совместных</p>

	<p>усилий геологов, геоморфологов и инженеров-геотехников. Поскольку вода является основным фактором, влияющим на поведение склонов, вклад гидрологов и гидрогеологов также важен. (р. 196)</p>
<p>А.И. Шеко, 2002 [345, с. 13]</p>	<p>"Оползни – это смещение горных пород вниз по склону без потери контакта между смещающимися и неподвижными породами. Скорость перемещения земляных масс может изменяться в широких пределах, от долей мм/с до м/с.</p> <p>Характер и скорость движения оползней зависит от генетических особенностей." (с. 13)</p> <p>"Обвалы – внезапное обрушение горных пород с потерей контакта со склоном, сопровождающееся дроблением и перемешиванием горных пород и хаотическим их накоплением у подошвы склона." (с. 13)</p> <p>"Осыпи – непрерывный снос продуктов выветривания горных пород на крутых склонах в виде скатывания отдельных мелких обломков (от пыли до крупных камней и глыб) с образованием у подножья склонов конусов из скопившегося материала." (с. 13)</p>
<p>Геоморфологический..., 2002 (Л.М. Ахромеев) [65, с. 190]</p>	<p>"Оползень – отрыв и скользящее смещение (на несколько метров, реже на десятки метров, в отдельных случаях на сотни метров) массы горной породы вниз по склону под действием силы тяжести. ... Образуются как в рыхлых отложениях, так и в плотных породах – при нарушении их равновесия или ослаблении прочности, вызванных естественными причинами (увеличение крутизны склона, подмыв его основания морскими и речными водами, переувлажнение грунтов талыми и дождевыми водами, сейсмические толчки и др.) или вмешательством человека (разрушение склонов горными и дорожными выемками, чрезмерным выпасом или поливом, сведением лесов, неправильной агротехникой склоновых сельскохозяйственных угодий и т. п.)." С. 190</p> <p>"Оползневые формы рельефа – формы рельефа, возникающие при оползнях: оползневые цирки, оползневые террасы, бугры, гряды, мелкие уступы на поверхности оползшей массы и др." С. 190</p>
<p>В.Б. Михно и В.Н. Бевз, 2003 [199, с. 31, с. 36]</p>	<p>"под оползнем понимают часть геологической среды, ограниченной земной поверхностью и поверхностью смещения, по которой без потери контакта с неподвижным основанием происходит ее перемещение на новый, как правило, более низкий гипсометрический уровень." (с. 31)</p> <p>Оползни и оползневые процессы следует рассматривать с системных</p>

	позиций. Оползневые системы – склоновые системы, а значит, для них характерны свойства, присущие склонам в целом. (с. 36)
Lessons..., 2003 [629, с. 1]	термин «оползень» используется ... в общем смысле, если не указано иное, для обозначения гравитационных движений масс, начиная от скольжения, течения (потоки) и растекания и до обрушения, запрокидывания и каменных лавин. (р. 1)
National..., 2003 [694, с. 39] (E.C. Spriker)	Оползень – это общий термин для широкого спектра движений грунтовых материалов вниз по склону, которые приводят к заметному движению грунтов, горных пород и растительности вниз и наружу под действием силы тяжести. Материалы могут перемещаться, падая, опрокидываясь, скользя, растекаясь или перетекая. (р. 39)
В.Н. Бевз, 2004 [20, с. 75]	«Склоновые ландшафты представляют собой приуроченные к склоновым поверхностям природные комплексы, переменные состояния которых определяются характером выраженных через склоновые процессы упорядоченных горизонтальных потоков вещества, энергии и информации, подчиненных силам свободного гравитационного поля и стекающей воды.» (с. 75)
R. Dikau, 2004 [468, с. 644]	Движение масс - это перемещение материала, образующего склон, вниз и вовне под действием силы тяжести. Для этого процесса не требуется транспортирующая среда, такая как вода, воздух или лед. Термин "оползень" часто используется как синоним явлений перемещения масс материала. Однако в чистом смысле термин "оползень" используется как общий термин, описывающий те нисходящие перемещения материала, образующего склон, в результате разрушения при сдвиге, происходящего вдоль четко определенной плоскости сдвига.
M.J. Crozier, 2004 [443, с. 605]	Оползни относятся к группе геоморфологических процессов, называемых перемещением масс материала. Перемещение массы включает в себя перемещение массы материала, образующего склон, вовне или вниз под действием силы тяжести. Хотя вода и лед могут влиять на этот процесс, эти вещества не являются основными транспортирующими агентами. Оползни представляют собой отдельные признаки массового перемещения и отличаются от других форм массового перемещения наличием четких границ и скоростью перемещения, заметно превышающей любое движение, наблюдаемое на прилегающих склонах. Таким образом, эта группа процессов включает падения, опрокидывания,

	<p>скольжения, боковые растекания, течение и сложные перемещения Широко распространенные диффузные формы массового перемещения, такие как крип, оседание, отскок и проседание, как правило, не рассматриваются как оползни. Критерии, используемые для различения различных типов оползней, обычно включают: механизм перемещения (например, оползень, поток), характер материала склона (горные породы, обломки, грунт), форму поверхности разрыва (изогнутая или плоская), степень разрушения смещенной массы и скорость перемещения. (р. 605)</p>
<p>Методическое..., 2005 [196, с. 45, с. 47]</p>	<p>«Первым этапом переноса продуктов гипергенеза является склоновая денудация, в процессе которой продукты разрушения коренных пород перемещаются под воздействием собственного веса без участия или при незначительном участии других факторов вниз по склонам к их подножию. В зависимости от конкретных, резко различающихся по физической природе механизмов смещения выделяются четыре генетических типа гравитационных образований: коллювиальный, оползневый, десерпционный и солифлюкционный.» (с. 45)</p> <p>«Дерупций образуется в результате обрушения более или менее крупных масс горных пород, сопровождающегося их опрокидыванием и дроблением.» (с. 46)</p> <p>«<i>Оползневые отложения (деляпсий)</i>. Образование деляпсия связано со скользящим смещением масс горных пород на склонах под действием силы тяжести и обычно при участии поверхностных и подземных вод.» (с. 47)</p>
<p>В.П. Ананьев, А.Д. Потапов, 2005 [8, с. 393, с. 396]</p>	<p>«Обвалы. Обрушение более или менее крупных масс горных пород с опрокидыванием и дроблением получило название обвала.» (с. 393)</p> <p>«Оползни – это скользящее смещение горных пород на склонах под действием гравитации и при участии поверхностных или подземных вод.» (с. 396)</p>
<p>T. Glade, M.J. Crozier, 2005 [517, с. 43]</p>	<p>Оползни - один из многих природных процессов, формирующих поверхность Земли. ... Оползни относятся к гораздо более широкой группе склоновых процессов, называемых перемещением масс материала. Определение движения масс материала включает в себя все те процессы, которые связаны с перемещением материала, образующего склон, вовне или вниз под действием силы тяжести. Некоторые процессы перемещения масс материала, такие как оползание грунта, являются почти незаметно</p>

	медленными и диффузными, в то время как другие, такие как оползни, способны перемещаться с высокой скоростью, дискретны и имеют четко идентифицируемые границы, часто в виде поверхностей сдвига. Оползни - это проявление нестабильности склона. (р. 43)
Р.Н. Rahn, 2005 [743, с. 93]	Оползни включают несколько управляемых силой тяжести процессов, которые действуют на поверхность Земли. ... Оползневые процессы включают обломочные потоки/сели, оползни и крип. (р. 93)
Н.В. Короновский, 2006 [148, с. 207]	«Оползень – это, как правило, сравнительно медленное перемещение, оползание, какой-то части склона без существенного нарушения ее внутреннего строения. Для того чтобы часть склона соскользнула вниз, необходимо наличие водоупора и залегающего на нем водоносного слоя. Тогда водоупор будет играть роль смазки для вышележащей части склона.»
Т.И. Мананкова, 2006 [184, с. 46]	«ОПОЛЗНИ - скользящее смещение масс горных пород по склону под действием силы тяжести» (с. 46)
Н.Ф. Петров, 2006 [244, с. 183]	«Класс оползни охватывает специфические геологические тела гравитационной природы, образующиеся на склонах и откосах путем отделения части склонового (приоткосного) массива и ее смещения без потери контакта, при котором сохраняется материальная связь со средой и возникает стенка срыва.»
Г.И. Рычагов, 2006 [266, с. 140, с. 145]	<p>«Обвалом называется процесс отрыва от основной массы горной породы крупных глыб и последующего их перемещения вниз по склону.» (с. 140)</p> <p>«... при оползании происходит перемещение монолитного блока породы. Процессы оползания всегда гидрогеологически обусловлены. Они возникают в случае, если водопроницаемые породы подстилаются горизонтом водоупорных пород, чаще всего глин. Образованию оползней особенно благоприятствует такое залегание пород, при котором падение кровли водоупорных пород совпадает с направлением уклона поверхности. Водоупорный горизонт при этом служит поверхностью скольжения, по которой более или менее значительный блок породы соскальзывает вниз по склону. При оползании порода частично дробится, превращается в бесструктурную массу. Скопления оползневых масс у подножия склонов называют деляпсием.» (с. 145)</p> <p>«При оползании формируется определенный комплекс форм рельефа: оползневой цирк, ограниченный стенкой срыва оползня (оползевым</p>

	<p>уступом), оползневой блок, характеризующийся в большинстве случаев запрокинутостью верхней площадки (оползневая терраса) в сторону оползневого склона и крутым уступом, обращенным в сторону реки, моря или озера по направлению движения оползня. В некоторых случаях в результате деформации поверхностных слоев породы движущимся оползневым блоком возникает напорный оползневой вал. ...» (с. 145)</p>
R.I. Borja et al., 2006 [394, с. 303]	<p>Оползни происходят, когда земляные массы перемещаются быстро вниз по склону после разрушения вдоль зоны сдвига. (р. 303)</p>
J. Chacón et al., 2006 [410, с. 343]	<p>Сам термин «оползень» сопряжен со значительными трудностями, обусловленными сложной и изменчивой природой явления, которое лишь в общих чертах представлено большинством общепринятых описаний и классификаций. Потому что оползни в природе могут быть более сложными, чем это представляется в современных концептуальных воззрениях. Из этого следует важность правильного понимания процесса потери устойчивости как на основе полевых наблюдений, так и теоретических соображений. (р. 343)</p>
R. Sidle, H. Ochiai, 2006 [790, с. 1]	<p>Оползни являются важными природными геоморфологическими факторами, которые формируют горные районы и перераспределяют осадочные породы в более пологом рельефе.</p> <p>... оползни определяются как различные процессы, которые приводят к движению вниз и вглубь материалов, образующих склоны, состоящих из природных пород, грунтов, искусственных образований или комбинаций этих материалов. Перемещаемая масса может двигаться несколькими способами: падением, опрокидыванием, скольжением, растеканием, течением или их комбинациями. Гравитация всегда является основным движущим фактором, но она может быть дополнена водой. (с. 1)</p>
Г.К. Бондарик и др., 2007 [29, с. 333-334]	<p>«Под термином «оползень» часто подразумевают как процесс, так и геологическое тело. Для разделения этих понятий под оползнем следует подразумевать геологическое тело, ограниченное земной поверхностью и поверхностью смещения, по которой без потери контакта с неподвижным основанием происходит его перемещение на новый, как правило, более низкий гипсометрический уровень. Под оползневым процессом понимается последовательное изменение состава, состояния и свойств оползня с момента его зарождения и перемещения на другой уровень, вплоть до полного затухания, проявляющегося в деформациях слагающих</p>

	его горных пород» (с. 333-334)
Р.М. Семенов, В.С. Имаев, 2007 [274, с. 48]	"Оползни - это скользящее смещение пород по склону под действием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических и других сил." (с. 48)
F. Bell, 2007 [379, с. 91]	Оползень представляет собой быстрое движение вниз и вовне материалов, образующих склон, движение, происходящее в результате падения, скольжения или течения, или в результате некоторой комбинации этих факторов. Это перемещение обычно включает в себя создание поверхности скольжения между отделяющейся и оставшейся массами. Однако камнепады, опрокидывания и селевые потоки практически не приводят к истинному скольжению на скользкой поверхности. Большинство напряжений, обнаруживаемых на большинстве откосов, представляют собой гравитационное напряжение от веса материала плюс остаточное напряжение. (р. 91)
C. Massey et al., 2007 [658, с. 2]	Оползни являются одним из видов/форм эрозии ... Оползень – это гравитационное перемещение породы или грунтов вниз по склону в виде массы вдоль отдельных поверхностей сдвига вследствие разрушения материала. (р. 2)
W. Saunders, P. Glassey, 2007 [765, с. 55]	Разрушившаяся часть склона, перемещающаяся вниз под влиянием силы тяжести. (р. 55)
R.L. Schuster, L.M. Highland, 2007 [775, с. 25]	термин "оползень" включает в себя все типы перемещений масс, вызванных гравитацией, начиная от камнепадов и заканчивая лавинами, оползнями и потоками (р. 25)
A.H. Cooper, 2008 [430, с. 410]	Оползневые и крипповые движения – это, по определению, движение горных пород, грунтов или земли вниз и вовне (р. 410)
R. Fell et al., 2008 [489, с. 86]	Оползень. Движение массы горных пород, обломков, или земли (грунтов) вниз по склону. (р. 86)
N.R. Morgenstern, C.D. Martin, 2008 [684, с. 3]	Оползень, независимо от того, происходит ли он на естественном или искусственном склоне, представляет собой сложный процесс (р. 3)
The Landslide..., 2008 [824, с. 4] (L.M. Highland,	Оползень – это общий термин, используемый для описания движения грунтов, горных пород и органических материалов вниз по склону под действием силы тяжести, а также формы рельефа, возникающей в

P. Bobrowsky)	результате такого движения. (р. 4)
R. van Beek et al., 2008 [843, с. 18, с. 20]	<p>... склоновые процессы, в которых одна только сила тяжести является доминирующим агентом транспортировки, названы массовыми движениями ... Процессы, в которых доминируют другие агенты, называют эрозией, например, ветровая или водная эрозия. Текущая вода – важный агент транспортировки ...</p> <p>... оползень – естественный процесс, его интенсивность и воздействие могут быть усилены деятельностью человека. (р. 18)</p> <p><i>/Термин/</i> Неустойчивость склонов используется, чтобы описать формируемую деформацию склона, и термин разрушение – начало движения. Массовые движения охватывают широкий диапазон склоновых деформаций, связанных с неустойчивостью склонов. В дополнение к скольжению вдоль дискретной плоскости сдвига, они включают свободное движение вниз по склону горных пород и горных массивов (обвалы и запрокидывание), последние демонстрируют компонент вращения, и потоки. (р. 20)</p>
А.И. Билеуш, 2009 [24]	оползень – скользящее движение грунтов на склоне и у его подножья в сформировавшемся объеме, испытывающем или испытывавшем оползневые деформации
Т.Я. Емельянова, 2009 [84, с. 53]	«Оползень – это смещение части горных пород слагающих склон, на более низкий уровень в виде скользящего движения без потери контакта между движущимися и неподвижными породами. Оползень – это геологическое явление, возникающее на склонах и откосах, который относится к гравитационным явлениям.»
Оценка..., 2009 [229, с. 5] (А.А. Григорьев и др.)	Оползень – медленное смещение масс горных пород, слагающих откос (нередко и его основание), происходящее в виде скользящего движения между смещающимися породами и неподвижным массивом. (с. 5)
К.Б. Фатькин, 2009 [312, с. 182]	"Под оползнями понимается внезапный или постепенный отрыв горных пород и движение их по склону под влиянием силы тяжести." (с. 182)
National disaster, 2009 [693, с. XXII]	Оползни – это движение материала склона вниз и вовне, такого как горные породы, обломки и грунты, происходящее под действием силы тяжести. (р. XXII)
Т.С. Blair, J.G. McPherson, 2009	Обвалы, оползни и каменные лавины представляют собой градационный спектр процессов, связанных с хрупким разрушением коренных пород, в

[389, с. 423]	то время как земляные потоки представляют собой более пластичный тип разрушения определенных типов пород. (р. 423)
J. Chacón et al., 2010 [409, с. 999]	Оползни - это массовые перемещения во времени и пространстве, демонстрирующие диахронность в ходе своей эволюции. (р. 999)
В.П. Парначёв, 2010 [237, с. 130]	ОПОЛЗЕНЬ - отрыв земляных масс или слабо цементированных слоистых горных пород и перемещение их по склону под влиянием силы тяжести. (с. 130)
V.K. Sharma, 2010 [785, с. 81, с. 392]	<p>«... процесс перемещения вниз по склону как компетентных, так и некомпетентных грунтовых материалов, когда они становятся не стабильными под воздействием нагрузки.</p> <p>...</p> <p>Движение может также не зависеть от влаги и воздуха как транспортных средств в деформирующейся массе или сопровождаться ими.</p> <p>...</p> <p>Каждый склон испытывает сдвигающее напряжение, контролируемое силой тяжести, величина которого увеличивается в зависимости от уклона склона и удельного веса материала, образующего склон. В целом, нестабильность склона на строительной площадке зависит от баланса противоположных сил – напряжения сдвига и сопротивления сдвигу грунтовых материалов, образующих склон.» (с. 81)</p> <p>Оползень: Общий термин, обозначающий движение вниз по склону единицы массы горных пород или грунтовых материалов. (с. 392)</p>
Геологический..., 2011 [61, с. 249, с. 312, с. 333, с. 336]	<p>«Микститы гравитационные [Леонов М.Г., 1981; gravitational mixtites] – микститы, для которых как образование кластического материала, так и его перемещение к месту захоронения связаны с действием обвально-оползневых процессов в условиях гравитационной неустойчивости масс г.п., вызванной разл. причинами (накопление значительных масс осадков, увеличение уклона морского дна, рост антиклинальных поднятий и пр.). Выделены из гр. оползневых образований (в т.ч. тектоно-гравитационных), называвшихся ранее олистостромами, и только за ними сохранен термин <i>олистостром</i>.» (с. 249)</p> <p>«Обвал [rockfall] – внезапное гравитационное перемещение масс г.п. без участия воды, происходящим на крутом склоне (угол больше угла естеств. откоса) вследствие потери сцепления или потери временной опоры у основания склона.» (с. 312)</p>

«**Олисто...** [от греч. *olisthos* – скользнуть] – нач. часть сложных слов, указывающих на связь со скольжением, с оползновыми процессами (олистоглиф, олистостром).

Олистогриф [Вассоевич Н.Б., 1953; **olistoglyph**] – общ. наз. царапин и мелких параллельных борозд, образующихся на поверх. напластования п. при скольжении одного слоя по др. Изл.

Олистолит [FloresG., 1955; **olistolith**] – обломок твердых г.п., перемещенный при гравитационном оползании и включенный в состав *олистострома*.

Олистоплака [от олисто... и греч. *plax*, род. П. *plakos* – плоскость, плита; RichterD., 1973; **olistoplaque**] – крупный пластообразный *олистолит*, представляющий собой отторженец гравитационного покрова, сползший в седиментационный бассейн. *Ср. Клипп*

Олистостром [FloresG., 1955; **olistostrom**] – осад. разновид. *хаотического комплекса*, связанная с явлением оползания. О. характеризуются гетерогенным составом и хаотическим сложением, накапливаются при гравитационном оползании неконсолидированных осадков; при этом нередко в оползание вовлекаются литифицированные г.п. более низких горизонтов, а также чуждые данному бассейну г.п. Состоит О. из матрикса, среди которого беспорядочно распределены *олистолиты* – разновозрастные обломки более древних п.; размеры обломков иногда достигают первых км. О. образуют как мелкие линзовидные тела, так и мощные толщи; особенно часто они встречаются во флише (см. *Дикий флиш*). Как правило, О. располагается перед *тектоническим уступом* (напр. *фронтом тектонического покрова*), фиксируя как время конседиментационных тектонич. движений, так и палеогеографическую обстановку. Присутствие О. свидетельствует лишь о наличии крутого палеоуступа; тектонич. природа последнего требует спец. рассмотрения. При этом некоторые исследователи (Трюмпи Р., 1965; Книппер А.Л., 1978; Щерба И.Г., 1993) связывают эпизоды гравитационного оползания с фазами покровообразования, тогда как др. предлагают применять термин О. только к *микститам гравитационным* (Леонов М.Г., 1981). Орфографич. вар.: олистострома.

Олистострома – см. *Олистостром.*» (с. 333)

«**Оползание** [**slumping, slipping**] скользящее смещение масс г.п. на

	<p>склонах под действием силы тяжести и обычно при участии поверхностных и подземных вод.» (с. 336)</p> <p>«Оползень [landslide] – сложное понятие, включающее как сам процесс – <i>оползание</i>, так и смещенные п. (см. <i>Оползневые отложения</i>) и возникающие при этом специфич. формы рельефа, включающие оползневые цирки и аккумулятивные оползневые тела. В составе последних различают верх. часть (деляпсивную) и нижнюю часть (детрузивную). Первая представлена г.п. склона (преимущественно глинистыми), сохраняющими стратиграфич. Последовательность напластования, вторая сложена теми же п., обычно сильнодеформированными, осложненными многочисл. Разрывами взбросового и надвигового характера, складками, образующимися под напором вышележащих оползневых масс.» (с. 336)</p>
<p>Е.М. Пашкин и др., 2011 [295, с. 497, с. 509, с. 510]</p>	<p>«Обвал – быстрое, часто внезапное смещение масс грунтов, происходящее на склонах и откосах с углом заложения больше угла естественного откоса. О. происходит вследствие нарушения устойчивости массива при изменении его напряженного состояния в результате выветривания, эрозии, естественной или искусственной подрезки склонов и др. Обрушение и падение вниз по склону больших, нередко гигантских масс грунтов сопровождается их опрокидыванием и дроблением блоков грунтов при падении. При этом тело О. разламывается на множество обломков разной крупности и откладывается у подножья склона, образуя хаотическое нагромождение, называемое коллювием.</p> <p>...</p> <p>Обвальные явления – гравитационные явления, развивающиеся на откосах и склонах под влиянием гравитационных сил.» (с. 497)</p> <p>«Оползание – явление, наблюдающееся на склонах и откосах, в том числе грунтовых сооружений, характеризующееся смещением отдельных объёмов грунтовых масс или подвижно соединенных между собой их отдельных частей. О. происходит в результате нарушения устойчивости масс грунтов под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических сил и т.д.</p> <p>Оползень – масса грунтов, сползших или сползающих по откосу или склону. О. также называют процесс смещения масс грунта по откосу или склону.» (с. 509)</p>

	«В результате развития О. изменяется форма поверхности Земли и создается своеобразный оползневой рельеф.» (с. 510)
В.В. Симонян, 2011 [279, с. 7]	"Оползни представляют собой связанное движение земляных или скальных масс, совершающееся по некоторой поверхности скольжения (она является ложем оползня). Оползни отличаются от обвалов тем, что в течение всего процесса смещающиеся массы не теряют контакта с ложем, тогда как при обвалах эти массы часть своего пути проходят в воздухе." (с. 7)
R. Couture, 2011 [437, с. 1]	Оползень определяется как движение масс грунтов (связных или обломочных) или горных пород вниз по склону. Оползни могут быть результатом природных или техногенно-связанных предварительных причин и триггерных факторов. Оползни включают различные виды деформаций, такие как падения, запрокидывание, скольжение, растекание и течение, и могут произойти на земле (субаэрально) и под водой (субаквально).(р. 1)
F.V. De Blasio, 2011 [460, с. 2]	Мы можем определить оползень как перемещение горных пород, обломков или грунтов, вызванное действием силы тяжести. Чтобы отличить оползни от других форм гравитационных массовых потоков, в определении мы требуем, чтобы основная масса движущегося материала имела плотность, по крайней мере, на 10% превышающую плотность воды. (р. 2)
L.I. González de Vallejo, M. Ferrer, 2011 [523, с. 556]	смещение грунтов и горных пород вниз по склону, вызванное гравитацией (р. 556)
M. Jaboyedoff et al., 2011 [584, с. 1]	движение под действием силы тяжести, которое может привести к необратимым деформациям (р. 1)
O. Sedan et al., 2011 [776, с. 29]	Оползень означает перемещение массы грунтов под действием силы тяжести. Как правило, движение инициируется в результате естественных воздействий (таяние снега, аномально сильные осадки, землетрясения и т. д.) или антропогенных (земляные работы, вибрация, вырубка лесов, эксплуатация материалов или водоносных горизонтов и т. д.). Термин «оползень» на самом деле объединяет широкий спектр явлений. (р. 29)
Э.В. Калинин (в кн. Базовые	«ОБВАЛ, ОБВАЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС – геологический процесс, состоящий в отчленении и последующем обрушении с крутых склонов

<p>понятия..., 2012 [13, с. 100-101])</p>	<p>различных по размеру блоков и глыб горных пород, происходящий с опрокидыванием оторвавшихся блоков, их дроблением на более мелкие глыбы при падении и ударах и быстрым скатыванием их вниз по склону.» (с. 100)</p> <p>«ОПОЛЗНИ – скользящее смещение масс горных пород вниз по склону или искусственному откосу под влиянием силы тяжести» (с. 101)</p>
<p>В.А. Пеллинен, 2012 [238, с. 52]</p>	<p>«Под термином «оползень» ... понимается геологический процесс, в результате которого происходит смещение горных пород, слагающих массив, на более низкий уровень части склона в виде скользящего движения без потери контакта между движущимися и неподвижными частями массива, происходящее в результате потери устойчивости склонов под влиянием внутренних сил горных пород, воздействия подземных и поверхностных вод, агентов выветривания и т.п.» (с. 52)</p>
<p>J.J. Claque, N.J. Roberts, 2012 [422, с. 1]</p>	<p>Единственная общая черта оползней отражена в их общепринятом определении: движение земляной массы вниз по склону под действием силы тяжести. (р. 1)</p>
<p>О. Korup, 2012 [604, с. 10]</p>	<p>Оползни преобразуют потенциальную энергию в кинетическую и, таким образом, являются важными факторами изменения рельефа и эволюции ландшафта. (с. 10)</p> <p>Оползни – это движение вниз и ввне склонообразующих материалов под действием силы тяжести, а также, в большинстве случаев, воды. (с. 10)</p>
<p>Glossary of terms, 2012 [519, с. 561]</p>	<p>Оползень</p> <p>Масса материала, которая перемещается вниз по склону под действием силы тяжести, часто с помощью воды, когда материал насыщен. Движение грунта, горных пород или обломков вниз по склону может происходить быстро или может сопровождаться медленным, постепенным разрушением. (р. 561)</p>
<p>Э.В. Калинин, 2013 [135, с. 210, с. 215]</p>	<p>«Собственно <i>обвалом</i> называется отчленение и последующее обрушение с крутых склонов различных по размерам блоков, глыб и массивов горных пород, происходящее с опрокидыванием оторвавшегося массива, его дроблением на более мелкие обломки при ударах и падении и быстрое скатывание их вниз по склону» (с. 210)</p> <p>«Оползневый называют движение масс горных пород вниз по склону под действием силы тяжести в виде скольжения по хорошо выраженной поверхности или зоне.» (с. 215)</p>

Т.И. Подгорная, 2013 [248, с. 16]	"Гравитационные процессы вызваны действием силы тяжести." (с. 15) "оползни – смещение массива глинистых пород по склону без потери контакта между движущимися и неподвижными породами" (с. 16)
Г.П. Постоев, 2013 [255, с. 28]	«Проявление оползня на склоне рассматривается как образование оползневого тела, отделившегося от коренного массива и сместившегося по сформированной поверхности скольжения.» (с. 28)
Справочник..., 2013 [285, с. 175, с. 263]	"В отличие от обвалов (быстрое обрушение крупных глыб под действием силы тяжести или гравитации) оползень - результат работы подземных вод. Это скользящее смещение по склону насыщенных водой пород почти без нарушения их сплошности" (с. 175) "Оползни возникают при смещении горных масс по смоченному склону под действием силы тяжести. Если во втором случае параллельно со смещением могут действовать поверхностные и подземные воды, то формирование оползней подразумевает обязательную работу подземных вод. Кроме того, в результате такого смещения обычно не происходит сплошного дробления или переворачивания сместившихся масс." (с. 263)
J.J. Clague, 2013 [421, с. 594]	Оползень - это разрушение и перемещение массы горных пород, отложений, грунтов или искусственной насыпи под действием силы тяжести. (р. 594)
R.C. Sidle, 2013 [789, с. 657]	процессы, которые приводят к перемещению вниз и наружу склонообразующих материалов, состоящих из природных горных пород, грунтов, искусственных образований или комбинации этих материалов (р. 657)
А.В. Зуска, 2014 [122, с. 8]	« Оползень - связанное движение земляных масс или скальных пород, совершающееся по некоторой поверхности скольжения.» (с. 8)
Н.В. Крепша, 2014 [154, с. 145]	«Оползень - это смещение на более низкий уровень части массива горных пород, слагающих склон, в виде скользящего движения в основном без потери контакта между движущимися частями массива.» (с. 145)
O. Hungr et al., 2014 [578, с. 167]	Оползень – это физическая система, которая развивается во времени через несколько этапов. (р. 167) Разрушение – это единственный наиболее значимый эпизод движения в известной или предполагаемой истории оползня, который обычно включает в себя первое формирование полностью развитой поверхности разрыва в виде смещения или деформаций (дискретных или

	распределенных в зоне конечной толщины). (р. 167)
В.Н. Бевз, 2015 [21, с. 2]	<p>"... под оползнем понимают часть геологической среды, ограниченной земной поверхностью и поверхностью смещения, по которой без потери контакта с неподвижным основанием происходит ее перемещение на новый, как правило, более низкий гипсометрический уровень.</p> <p>Оползневой процесс, в свою очередь, представляет собой последовательное изменение состава, состояния и свойств оползня с момента его зарождения и перемещения на другой уровень, вплоть до полного затухания, проявляющиеся в деформациях, слагающих его горных пород." (с. 2) <i>(наследует определения В.В. Кюнцеля)</i></p> <p>"Функционирование оползней на естественных склонах происходит в условиях: а) установившегося динамического равновесия склонов, прошедших длительный эволюционный путь развития; б) сложного комплекса природных факторов, характеризующегося сложившимися взаимосвязями; в) отрегулированного обмена веществом и энергией." (с. 11)</p> <p>"Оползни следует рассматривать как динамические системы, которые состоят из разных элементов и обладают сложными структурными связями." (с. 11)</p>
В.В. Пендин, И.К. Фоменко, 2015 [239, с. 12]	<p>"Оползневой процесс, развивающийся вследствие потери склоном (откосом) устойчивости, представляет собой перемещение массы горных пород, слагающих этот склон, по другой части склона, оставшейся неподвижной, под действием силы тяжести, с сохранением между обоими частями материальной связи. Оползшую массу называют оползевым телом, поверхность, по которой происходит оползание – поверхностью скольжения или поверхностью смещения ...</p> <p>Оползневой процесс можно определить как последовательность явлений или состояний оползнего тела, а оползневое явление – как фиксированное состояние оползнего тела." (с. 12)</p>
Т. Davies, 2015 [456, с. 2]	<p>Оползни являются важнейшим компонентом геологического цикла Земли, в ходе которого движение тектонических плит приводит к непрерывному поднятию частей земной коры над базовым уровнем; затем они снова непрерывно разрушаются под действием силы тяжести и самотечного потока воды к базовому уровню. Оползни представляют собой непосредственно вызываемый гравитацией компонент эрозии, и их</p>

	размеры варьируются от падения отдельных камней до обрушения целых горных склонов. (р. 2)
V.H. Singhroy, 2015 [801, с. 328]	/Термин/ Оползень используется, чтобы описать движение вниз по склону грунтов и горных пород под действием силы тяжести. (р. 328)
L.N. Germanovich et al., 2016 [516, с. 2]	Термин "оползень" относится к широкому диапазону процессов, которые происходят при движении вниз под действием силы тяжести материалов, формирующих склон. (р. 2)
A. Festa et al., 2016 [492, с. 182]	Олистоостромы, как правило, представляют собой сложные отложения, демонстрирующие наложенные структуры и сложные стратиграфические взаимосвязи, которые развивались в ходе многочисленных событий и процессов массового переноса (скольжение, оплывание, селевые потоки, обломочные потоки, турбидитовые потоки). Движение отложений олистоостромом вниз по склону обеспечивается относительным перемещением отдельных массивов, вызывающим прогрессирующее разрушение пластов и трансформацию в оползень-поток (р. 182)
The dictionary of physical geogra- phy, 2016 [823, с. 313]	Движение массы грунтов и горных пород вниз по склону под влиянием гравитации. (р. 313)
М.П. Кропоткин, 2017 [155, с. 29]	"Наиболее удачным общим определением гравитационных склоновых процессов следует, видимо, считать следующее: «Смещение грунтов на склонах и откосах под действием силы тяжести без существенного влияния каких-либо транспортирующих агентов»." (с. 29) "Чтобы вычленил оползневые процессы в ряду гравитационных склоновых, достаточно к вышеприведенному общему определению добавить окончание: «смещение грунтов без потери сплошного контакта движущейся части массива с неподвижной»." (с. 29)
Н.Ф. Петров и др., 2017 [246, с. 11, с. 12]	" оползень – это система горнопородных и грунтовых тел с определенными структурными, функционально-динамическими и другими свойствами и отношениями, формирующаяся при оползневом процессе. Оползневой процесс – это процесс отделения части горных пород (грунтов), слагающих склоновый (приоткосный) массив, и ее смещения, при котором сохраняется материальная связь с геологической средой и возникает стенка отрыва." (с. 11) "Оползневые тела ... являются геологическими телами экзогенного

	<p>происхождения ..." (с. 12)</p> <p>"Оползневые тела представлены структурами четырех уровней организации – блочного, ярусного, одноэтажного и многоэтажного" (с. 12)</p>
N. Casagli et al., 2017 [406, с. 209]	<p>Термин "оползень" описывает различные процессы, которые приводят к перемещению вниз и вовне материалов, образующих склон, включая горные породы, грунты, искусственные насыпи или их комбинацию.</p> <p>Термин "оползень" охватывает широкий спектр явлений от простого падения каменных блоков с вертикальных скальных выступов до обвалов и оползней, в которых преобладает либо скользящее движение, либо потоки грунта и/или породы. (р. 209)</p>
R.J. Huggett, 2017 [575, с. 488]	<p>Оползень - общий термин, обозначающий массовое перемещение материала вниз по склонам (р. 488)</p>
A. Kazeev, G. Postoev, 2017 [591, с. S83]	<p>Оползень - это процесс изменения напряженно-деформированного состояния массива грунта на склоне, приводящий к отделению массы и движению грунта вниз по склону при сохранении непрерывного контакта между сползающей массой и нижележащим ненарушенным грунтом. ... В соответствии с этим определением механизм оползня представляет собой системную последовательность изменений напряженно-деформированного состояния грунтового массива склона под воздействием природных и антропогенных факторов. Эти факторы приводят к образованию и развитию оползня. (р. S83)</p>
С.Б. Бурлуцкий, Е.С. Кудашов, 2018 [32, с. 5]	<p>"Оползень представляет собой массу горных пород, сползшую или сползающую вниз по склону или откосу. Образование оползня - это геологический экзогенный процесс, проявляющийся в смещении масс горных пород вследствие нарушения их устойчивости, под влиянием силы тяжести, когда касательные напряжения становятся больше сопротивления сдвигу." (С. 5)</p>
H. Mûcher et al., 2018 [690, с. 29]	<p>Оползни - это массовые смещения вдоль базовой плоскости сдвига, когда силы сдвига, действующие вдоль склона, преодолевают сопротивление материала. Во многих случаях над этой базовой плоскостью сдвига имеется несколько внутренних плоскостей скольжения. Движущаяся масса может стать хрупкой или пластичной, в зависимости от свойств материала до и после разрушения, и это в конечном итоге в определенной степени определяет свойства осадочных отложений. (Грунтовые) воды играют важную роль, как вызывая разрушение материала, так и влияя на</p>

	его поведение после первоначального перемещения и в конце перемещения. (р. 29)
K. Šilhán et al., 2018 [798, с. 33]	Оползни являются одним из видов перемещения масс материала и означают любое движение грунта и горных пород вниз по склону под действием силы тяжести. (р. 33)
R.L. Hermanns, 2018 [556, с. 579]	Оползень - гравитационное движение вниз по склону твердых частиц на естественных или искусственных склонах. Твердые частицы - геотехнические материалы, которые могут содержать воду, лед, и воздух; однако твердые частицы - объемно - доминантный признак формирования транспортной среды (р. 579)
А.В. Френкель, 2019 [318, с. 270]	"Криогенный оползень - сползание массы грунта вниз по склону под действием различных факторов (температура ГП и воздуха, влажность, литологический состав, льдистость, снежный покров, растительность, крутизна, экспозиция). Его отличие от склоновых процессов за пределами криогенной области и специфика проявления данного процесса связаны с наличием в криолитозоне криогенного водоупора в подошве деятельного (сезонно-талого) слоя, а также сильнольдистых пород и залежеобразующих льдов ниже его." (с. 270)
S.P. Pradhan, T. Siddique, 2019 [733, с. 3, с. 4]	Перемещением масс материала также называется "движением масс" и представляет собой движение горных пород, обломков, грунтов, реголита и т.д. вниз по склону вблизи поверхности земли под действием силы тяжести. (р. 3) Это значительная часть процесса эрозии, поскольку она переносит материал с более высокой отметки на более низкую. (р. 4)
G. Shanmugam, 2019 [781, с. 234]	термин, используемый для обозначения разрушения, смещения и движения отложений вниз по склону под действием силы тяжести ... используется как для обозначения процесса, так и для обозначения отложений (р. 234)
Н.Ф. Петров, И.В. Никонорова, 2021 [245, с. 122]	"Оползень (объект оползневедения) - специфическое геологическое тело или система горнопородных тел с определенными структурными, функционально-динамическими и другими свойствами и отношениями, формирующимися при оползневом процессе. <i>Оползневой процесс (объект оползневедения у авторов свода правил (СП))</i> - процесс отделения (отрыва) части горных пород, слагающих склоновый

	<p>массив, и последующего его смещения в пределах ложа с образованием стенки срыва и последующего его смещения в пределах ложа с сохранением материальной связи с геологической средой. Такое определение отличает оползни не только от обвалов, осыпей, но и от десерпции, курума, солифлюкции и др. Признак «в пределах ложа» позволяет отличать оползни и от «каменных лавин» ..." (с. 122)</p>
<p>Ф.Г.О. Габибов, Л.Ф.К. Габибова, 2021 [50, с. 40]</p>	<p>"... с геоморфологической точки зрения, «оползнем» является сложный экзогенный геологический процесс, активно проявляющийся в процессе исторического, настоящего и будущего формирования и изменения поверхностной части земной коры.</p> <p>«Оползнем» называется часть грунтового массива природного склона или искусственного природного склона или искусственного откоса (насыпь, террикон, грунтовая дамба или плотина, грунтовая выработка, открытый карьер или котлован) потерявшая энерго-энтропийное равновесие с остальной частью склона (откоса) под влиянием внешних и внутренних воздействий статического, динамического, гидрологического, гидрогеологического, физико-химического и биохимического (воздействие микроорганизмов, находящихся в грунтовом массиве) характера и сформировавшее «оползневое тело» различной сложности, которое деформируясь, под собственным весом начинает реологическое движение вниз к подножью склона (откоса), формируя на поверхности склона и в массиве трещины, а также неровности, продолжает транзитно двигаться по склону, образует с окружающими его горными породами (грунтами) поверхность скольжения. В конечной фазе «оползневое тело», полностью реализовав свою потенциальную и кинетическую энергию, откладывается в нижней части или подножье склона (откоса)." (с. 40)</p>
<p>А.Е. Воробьев, Г.К. Кожоголова, 2022 [46, с. 26-27]</p>	<p>"Оползень представляет собой весьма опасное природное и техногенное геоморфологическое явление, обычно проявляющееся на горной или холмистой местности, а также речных, озёрных и морских (прибрежных) обрывах, и заключающееся в смещении довольно значительных масс (объемов) горных пород вниз по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки, вследствие подмыва склона его расположения, а также сильного переувлажнения геомассы, сейсмических толчков и иных природных или техногенных процессов.</p> <p>Основной причиной образования оползней обычно является нарушение</p>

	сложившегося равновесия между сдвигающей силой тяжести (обусловленной гравитацией) и удерживающими силами (трения)." (с. 26-27)
И.А. Красовская и др., 2022 [153, с. 20]	"Под оползневый процесс понимают смещение грунтовых масс вниз по склону под действием силы тяжести при участии поверхностных и подземных вод в виде скольжения по хорошо выраженной поверхности или зоне Его можно определить как последовательность явлений или состояний оползневого тела, а само явление - как материальную (внешнюю) форму проявления геологической сущности оползневого тела, выражающуюся в его конкретном специфическом состоянии на данный момент времени". (с. 20)
А.К. Гуц, 2023 [74, с. 53]	"Оползнем называют смещение масс горных пород вниз по склону под действием силы тяжести в виде скольжения по хорошо выраженной поверхности" (с. 53)
В.Т. Трофимов, 2023а [307, с. 398, с. 402, с. 412]	<p>"Гравитационными в соответствии с существующими классификациями обычно называются процессы, обусловленные действием гравитационной силы.... выделяются в категорию гравитационных склоновых процессов - процессов срыва и перемещения пород присклоновой части массива на более низкие абсолютные отметки под действием силы тяжести. К таким процессам в инженерной геологии относят обвальные, осыпные, оползневые, каменно-лавиновые и медленно ползущие глыбы, в ряде работ - снежные лавины."(с. 398)</p> <p>"Обвальный процесс, или обвал, - геологический процесс срыва различных по объему масс горных пород с крутых присклоновых частей массива и падения их с большой скоростью вниз под влиянием силы тяжести с опрокидыванием, перекачиванием и дроблением сорвавшейся части массива. При обвалах основная масса обломков пролетает часть пути к подножию склона в свободном падении в воздухе и лишь ниже по склону приобретает скользящее движение с огромной скоростью. В дальнейшем в результате трения о поверхность склона или встречи с различными препятствиями скорость перемещения обвальных масс затухает." (с. 398)</p> <p>"Осыпной процесс - процесс отчленения от пород обнаженного уступа мелких обломков и щебня с последующим почти непрерывным по времени скатыванием их вниз по склону." (с. 402)</p>

	"Оползневой процесс - геологический процесс отделения различных по объему масс горных пород присклоновой части массива вследствие потери устойчивости и движения их вниз на более низкие абсолютные отметки под влиянием силы тяжести в виде скольжения или вязкопластического течения по поверхности смещения без потери контакта между движущейся толщей и неподвижной частью массива." (с. 412)
В.Т. Трофимов, 20236 [308, с. 12]	"Оползневой процесс - геологический процесс отделения различных по объему масс горных пород присклоновой части массива вследствие потери устойчивости и движения их вниз на более низкие абсолютные отметки под влиянием силы тяжести в виде скольжения или вязкопластического течения по поверхности смещения без потери контакта между движущейся толщей и неподвижной частью массива. Оползнем же следует называть результат деятельности оползневого процесса." (с. 12)
Определения в составе нормативных документов	
СНиП 2.01.15-90 [914]	"Оползни. Движение масс пород на склоне под воздействием собственного веса грунта и нагрузки (сейсмической, фильтрационной, вибрационной), происходящее в результате сдвига грунта" (с. 17) "Обвалы. Обрушение (падение) масс горных пород (в виде крупных глыб и обломков) в результате отрыва от коренного массива." (с. 17)
ГОСТ 22.0.03-97/ГОСТ Р 22.0.03-95 [910]	"3.2.19 обвал: Отрыв и падение больших масс горных пород на крутых и обрывистых склонах гор, речных долин и морских побережий, происходящие главным образом за счет ослабления связности горных пород под влиянием процессов выветривания, деятельности поверхностных и подземных вод." (с. 4) "3.2.20 оползень: Смещение масс горных пород по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки вследствие подмыва склона, переувлажнения, сейсмических толчков и иных процессов." (с. 4-5)
СП 11-105-97. Ч. II [916]	"4.1.1. К наиболее распространенным опасным склоновым процессам следует относить оползни, обвалы, осыпи, представляющие собой смещение масс горных пород на склоне под действием собственного веса и различных воздействий (гидродинамического, вибрационного, сейсмического и др.).

	<p>Под оползнями понимается движение (скольжение, вязкопластическое течение) масс пород на склоне, происходящее без потери контакта между смещающейся массой и подстилающим неподвижным массивом. Следует выделять оползни современные и древние (открытые, погребенные).</p> <p>Под обвалами и осыпями понимается обрушение (опрокидывание, падение, качение) масс горных пород на склоне (в виде крупных и мелких глыб - обвалы; щебня и дресвы - осыпи) в результате их отрыва от коренного массива.</p> <p>4.1.2. К оползне-опасным и обвало-, осыпе-опасным следует относить склоны, на которых происходят или ранее происходили оползневые и обвально-осыпные процессы.</p> <p>К потенциально оползне-опасным и обвало-, осыпе-опасным следует относить склоны, на которых возможно развитие указанных процессов при прогнозируемом воздействии природных и (или) техногенных факторов. " (с. 2)</p>
СНиП 22-02-2003 [917]	<p>"оползни: Смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием их веса. Различают оползни выдавливания, оползни соскальзывания, оползни внезапного разжижения, оползни выплывания, оползни течения.</p> <p>обвалы: Отрыв масс горных пород склонов, бортов и их падение вниз под влиянием силы тяжести с опрокидыванием и перекачиванием без воздействия воды."(с. 28)</p>
ОДМ 218.2.006-2010, 2011 [913]	<p>"Оползень - медленное смещение масс горных пород, слагающих откос (а нередко и его основание), происходящее в виде скользящего движения между смещающимися породами и неподвижным массивом. Наиболее крупный по размерам вид нарушения устойчивости откосов. Связан, главным образом, с наличием в толще горных пород слабых увлажненных слоев, контактов, даек, тектонических нарушений." (с. 2)</p>
СП 116.13330.2012 [917]	<p>"3.10. Обвалы: отрыв масс горных пород склонов, бортов и их падение вниз под влиянием силы тяжести с опрокидыванием и перекачиванием без воздействия воды." (с. 3)</p> <p>"3.12. Оползни: смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием веса грунта и объемных и</p>

	поверхностных сил. Различают оползни скольжения, оползни выдавливания, вязкопластические оползни, оползни внезапного разжижения, оползни гидродинамического разрушения." (с. 3)
ГОСТ 33149-2014 [912]	"3.15 обвал: Внезапное обрушение с крутых горных склонов отдельных камней и обломков в скальных породах с сильной трещиноватостью." (с. 2) "3.19 оползень: Нарушение устойчивости склонов или откосов, выражающееся в смещении одной части грунтового массива относительно другой, остающейся неподвижной, без контакта между ними. 3.20 осыпь: Скопление на склонах обломков горных пород, которые по мере накопления постепенно перемещаются под влиянием силы тяжести." (с. 2)
СП 420.1325800.2018 [918]	"3.2 оползневой процесс: Смещение вниз по склону некоторого объема грунтовых масс под действием гравитационных сил без потери контакта с подстилающей толщей." (с. 3)
СП 436.1325800.2018 [919]	"4.1 К наиболее опасным и часто встречающимся склоновым процессам относятся оползни различного типа, обвалы и осыпи, представляющие собой смещение грунтов и горных пород на склоне под действием сил гравитации, а также дополнительных внешних природных и техногенных воздействий (гидродинамического, вибрационного, сейсмического и др.)." (с. 3-4)
ГОСТ Р 22.0.03-2020 [910]	"34 обвал : Отрыв и падение больших масс горных пород на крутых и обрывистых склонах гор, речных долин и морских побережий, происходящие главным образом за счет ослабления связности горных пород под влиянием процессов выветривания, деятельности поверхностных и подземных вод. 35 оползень : Отрыв и/или смещение масс горных пород по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки вследствие подмыва склона, переувлажнения, сейсмических толчков и антропогенного воздействия." (с. 3)
ДБН В.1.1-3-97 [921]	"Оползень - скользящее движение грунтов на склоне и у его подножья в сформировавшемся объеме; определенный объем грунта, испытывающий или испытывавший оползневые деформации." (с. 19)
ДБН В.1.1-24:2009, с.	Оползень – масса горных пород, которая сползла или сползает по

38 [922]	склону или откосу под действием сил гравитации, гидродинамических, сейсмических и иных сил (с. 38)
СП РК 1.01.103-2014, с. 78 [920]	"4.1072. Оползень : Скользящее смещение горных пород по склону под влиянием силы тяжести." (с. 78)

Каталог наиболее крупномасштабных проявлений оползневых процессов на Земном шаре

№№	Тип (по условиям образования) ¹	Наименование	Время образования (дата – для современных)	Возраст	Объем, км ³	Площадь, км ²	Длина, км	Перепад высот, км	Тип (по триггерному фактору) ²	Широта, град	Долгота, град	Источник
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	Бандай	15.07.1888		1,5	34	11	1,2	1	37,608	140,042	[795]
2	1	Усойский	18.02.1911		2,2	25,5	6,14	1,67	2	38,273	72,604	[256, 351]
3	1	Шивелуч молодой	12.11.1964		1,5	98	16	2,3	1	56,63	161,298	[382, 730]
4	1	Атчинский	1972		0,8	-	-	-	3	41,017	70,133	[115, 216]
5	1	Мэйян-марка	25.04.1974		1,6	28	8,2	1,9	4	-12,615	-74,657	[623]
6	1	Сен-Хеленс	18.05.1980		2,8	64	23	2,25	1	46,269	-122,164	[855]
7	1	Кэяпит	06.09.1988		1,3	11	9,5	1,4	4	-6,117	146,3	[474]
8	1	Дагуанг-бао	12.05.2008		1,2	8	4,2	1,35	2	31,645	104,121	[446, 455]
9	1	Ирига	1628		1,2	70	11	1,05	1	13,457	123,457	[614]
10	1	Бадарминский		12000	20	100	6	0,27	2	57,733	102,686	[301]
11	1	Безымянный	30.03.1956		0,8	60	18	2,6	1	55,967	160,6	[404, 731]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	1	Ред Блаффс	1700		1	10,3	5,9	1	2	45,708	-121,95	[573, 831]
13	1	Неён	28.08.2017		0,9		1	0,28	2	26,602	105,447	[641]
14	1	Фернан-дина	14.09.1988		0,9	0,6	2	1	1	-0,367	-91,575	[411]
15	1	Эль Кратер	1570		1,88	49,5	12,4	1,5	2	11,827	-85,974	[787]
16	2	Сен-Пьер	18.11.1929		560	1300	60	1,55	2	44,75	-56,166	[774]
17	2	РGN	17.07.1998		6,4	18,9	4,5	1	2	-2,857	142,223	[812, 817]
18	2	Югэймак	01.04.1946		200	800	65	4	2	53,75	-164,75	[503]
19	2	Мона Пэсседж	11.10.1918		10	76	45	3	2	18,43	-67,325	[638]
20	2	Тохоку	11.03.2011		12	51	5,3	0,3	2	38,078	143,971	[806]
21	2	Тохоку, скольжения	11.03.2011		500	640	20	4	2	38,667	143,5	[590, 818]
22	2	Макран	27.11.1945		40	225	15		2	24,8	63	[552]
23	2	Сакиши-ма	1771		12000	4050	80	4	2	23,58	124,42	[705]
24	2	Асе	26.12.2004		1,2	13,3	6	0,6	2	4,562	91,484	[777]
25	2	Саленто	1743		58	227	13	0,8	2	40,138	18,609	[674]
26	3	Ритгер	13.03.1888		4,6	100	12,5	2,04	1	-5,633	148,096	[458, 865]
27	3	Тайю	после 1849		30	82	26	4	1	-14,249	-169,447	[878]
28	3	Кротон			2200	1000	53	2	5	39,0	17,0	[676, 897]
29	3	Хилина			11000	5200	40	5,5	1	19,289	-155,2	[680]
30	3	Ошима-Ошима	1741		2,5	69	17	2,5	1	41,508	139,35	[762]
31	3	Комагатаке	1640		1,2	176	21	1,2	1	39,761	140,9797	[504]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	3	Сувано-седзима	1813		1,09		46	1,4	1	29,635	129,716	[797]
33	4	Харт Моунтэн	ранний эоцен	48 Ма	2000	5000	85	5,9	1	44,754	-109,498	[387, 648, 677, 871]
34	4	Марка-гэнт	ранний миоцен	21-22 Ма	1700	3400	90	5,5	1	37,7	-112,83	[535]
35	4	Абсарока	ранний эоцен		100	450	40		1	44,606	-109,773	[647]
36	4	Камбрес		350000-40000	60	1500	20	2,8	1	19,167	-97,25	[403, 405]
37	4	Сокомпа		7200	53,7	606	37	3	1	-24,396	-68,246	[497, 847, 860]
38	4	Момбони III		2,82	50	1241	53	5,2	1	-0,151	37,308	[772]
39	4	Шира			50	2020	70,5	2,9	1	-3,008	37,45	[462]
40	4	Оксая	миоцен	10,6-12 Ма	50	1600	80	5,2	1	-18,667	-69,333	[879]
41	4	Шаста		360000 ± 40000	45	675	49	3,3	1	41,409	-122,195	[438, 439, 792]
42	4	Старый Шивелуч		16000-10000	40	400	32	3,3	1	56,65	161,344	[381, 730]
43	4	Черро Лас Навая		>1,8 млн	35	560		3,2	1	20,2	-98,33	[403]
44	4	Куахтемок-Аэропорто		18520 ± 260	35	1188	42	3,4	1	19,508	-103,632	[432]
45	4	Невадо де Колима		184000	33	2200	120	4,24	1	19,533	-103,608	[403, 432]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
46	4	Попокате пегль			28	300	33	4,1	1	19,022	-98,628	[795]
47	4	Ллута	поздний плиоцен	>2,5 млн	26	530	38	1,7	1	-18,383	-69,783	[807]
48	4	Раунг		2000	25	1045	79	3,2	1	-8,125	114,042	[792]
49	4	Пико де Оризаба (Джамапа)		250000	25	350	95	5,6	1	19,033	-97,283	[403, 405]
50	4	Момелла		7200	20	1249	50	3,4	1	-3,23	36,75	[549, 792]
51	4	Авачинский	плейстоцен		20	400	30	2,75	1	53,256	158,833	[667, 795]
52	4	Танчитаро		261000-238000	18	1155	73	3,75	1	19,433	-102,2	[682]
53	4	Гэланганг		23100	16	170	23	1,9	1	-7,242	108,065	[793, 837]
54	4	Акаджугла		10000	16	540	48	1,9	1	13,8	-89,7	[796]
55	4	Эль Текуан		21545 ± 265	16	805	25	2,2	1	19,508	-103,632	[432]
56	4	Вилла де Альварес Кокуметлан		7040 ± 160	16	400	43	3,4	1	19,508	-103,632	[432]
57	4	Эскуинтла		30000-8500	15	440	50	3,7	1	14,456	-90,87	[796, 841]
58	4	Черро Какуллуко			15		43	3,4	1	-17,8	-70,5	[440]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
59	4	Тонила		15675 ± 125	12	405	31	4,2	1	19,508	-103,632	[432]
60	4	Чимбо- разо II		50000-60000	11,4	280	43	3,6	1	-1,452	-78,817	[385, 595]
61	4	Арекипа		>10000	10	100	18	3	1	-16,401	-71,434	[625, 871]
62	4	Планшон Петероа		9000	10	370	78	3,9	1	-35,24	-70,57	[793]
63	4	Пичу Пичу		1,2-1,6 Ма	10	100	28	2,5	1	-16,439	-71,269	[386]
64	4	Ятсуга- таке (Ни- расаки)	плейстоцен		9,7		12,5	1,4	1	35,97	138,35	[792]
65	4	Попока- тепетль		22875±915	9	600	70	5,4	1	19,05	-98,583	[403]
66	4	Годин		119000 ± 2000	8,6	390	50	2,8	1	-7,533	110,436	[397]
67	4	Чимбо- разо	плейстоцен		8,1	280	35	3,3	1	-1,47	-78,8	[549, 792]
68	4	Панге- рию		22100±600	7,5	250	27	2,5	1	-39,235	-174,412	[736]
69	4	Эгмонт (Пунга- реху)		23000	7,5	500	39		1	-39,299	-174,064	[792]
70	4	Мавензи		<500000	7,1	1150	60	4,5	1	-3,14	37,607	[462]
71	4	Эссимин- гор			6,9	139	18	3,6	1	-3,414	36,086	[462]
72	4	Антуко		7100	6	100	25	1,95	1	-37,406	-71,349	[753]
73	4	Парина- кота		8000	6	140	22	6,35	1	-18,192	-69,183	[423]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
74	4	Камень		1200	6		30	4,4	1	56,017	160,593	[731]
75	4	Латагу-алла		8-9 Ма	5,4	58	11	0,8	1	-19,25	-69,567	[723]
76	4	Кибо			5	561	65	3,9	1	-3,241	37,392	[462]
77	4	Зебра		50000-10000	4,9	197,4	24,1	2,6	1	-2,736	35,911	[462]
78	4	Танчитаро юго-восточный		261000-238000	4,7	654	60	3,66	1	19,418	-102,299	[709]
79	4	Земпоала	плиоцен		4	400	80	3,8	1	19,05	-99,333	[403]
80	4	Черро Монкол		5880±500	4	20	5,41	0,79	1	-37,367	-70,99	[717]
81	4	Хуисла		40000	4	150	11,5	3,2	1	-1,4	-78,55	[373, 485]
82	4	Цукахара		24000	4	500	90	1,8	1	36,406	138,523	[838, 892]
83	4	Нашикизава			4		19	1,6	1	36,561	139,194	[838]
84	4	Хананг			3,9	92	15,2	1,5	1	-4,431	32,52	[462]
85	4	Кисаката		2570±100	3,5	110	25	2,24	1	39,099	140,049	[675, 838]
86	4	Танчитаро западный		694000-571000	3,4	567	44	3,4	1	19,428	-102,316	[709]
87	4	Меса Эрбабуейна		9671 ± 88	3	65	26,5	3,6	1	19,508	-103,632	[432]
88	4	Кальбуко	голоцен		3	80	17	1,95	1	-41,333	-72,611	[795]
89	4	Джоко-титлан		9690 ± 890	2,8	80	12	1,3	1	19,724	-99,757	[403, 791]
90	4	Рокас Тортуга	плиоцен		2,2	51	15	1,7	1	-21,925	-70,139	[663]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
91	4	Кзако		13000-11000	2,19	73	52,5	4	1	19,498	-97,15	[467]
92	4	Невадо де Толука	плейстоцен		2	100	55	4,56	1	19,15	-99,75	[403]
93	4	Троко- ман		>27000	1,9	22	6,14	0,61	1	-37,487	-70,756	[717]
94	4	Готемба		2510 ± 20	1,8		24	2,5	1	35,361	138,7275	[795, 889]
95	4	Ла Ламбр – Лос- Генчос		3600±120	1,7	48	20	2,6	1	19,508	-103,632	[432]
96	4	Одайно			1,7	80	15	1,6	1	40,653	140,307	[795]
97	4	Бахи		1780±30	1,5	80	11	1,25	1	13,289	123,449	[380]
98	4	Земпоала			6	600	80	2,7	1	19,05	-99,333	[368]
99	4	Суфан		428000±400 00	4	200	25	2,35	1	38,55	42,59	[710]
100	4	Долины слонов			8,4		12,2	2,6	1	4,229	9,15	[597]
101	4	Этна		8340±80	25				1	37,733	15,033	[498]
102	4	Янгер-S2		29620±150	32,5	1300	62	4	1	-2,009	-78,351	[842]
103	4	Матароа		220000- 230000	2,9	256	64	2,1	1	-39,289	175,537	[833]
104	4	Пюке- чаха		140000- 150000	1,56	120	56	2,4	1	-39,282	175,527	[833]
105	4	Орьер		158000- 165000	3	200	80	2,3	1	-39,283	175,567	[833]
106	4	Острый Толбачик		6500	4		10	3	1	55,831	160,326	[731]
107	4	Таун- шитц		7700	3		19	1,8	1	54,533	159,8	[731]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
108	4	Кам- бальный		6300-6600	10		20	2,2	1	51,306	156,875	[731]
109	4	Дикий Гребень		1600	2,5		8	0,9	1	51,4522	156,975	[731]
110	4	Ильин- ский		7600	10		15	1,8	1	51,498	157,203	[731]
111	4	Ля Фортуна		7400-8275	8	130	19	2,02	1	10,748	-85,154	[794]
112	4	Тьеррас Моренас	плейстоцен		2	120	17	1,2	1	10,673	-85,015	[794]
113	4	Бару		2860±50	30	45	25	4	1	8,809	-82,542	[794]
114	4	Тангу- рахюа		3000	8	80	15	1,6	1	-1,465	-78,438	[536]
115	4	Тата Сабая			6	230	23	1,7	1	-19,15	-68,517	[520]
116	4	Сан Педро	поздний голоцен		4		13	1,5	1	-35,934	-70,52	[436]
117	4	Нгеэ		23000	5,9				1	-39,295	174,065	[362]
118	4	Кубрада Гранд			1,7	52	16	1,1	1	16,173	-92,935	[794, 796]
119	4	Кабеса де Вака			2	130	25		1	9,968	-83,887	[794]
120	4	Мираф- лорес		38300±1000	4	10	6	0,7	1	14,156	-90,407	[841]
121	4	Ляно делль Пиналь		1150±50	13	40	5,5	0,5	1	14,08	-91,52	[841]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
122	4	Рио Чирики Вьео			10		24		1	8,328	-82,702	[794, 796]
123	4	Тенорио			2,36	118	23,5	1,63	1	10,673	-85,015	[364]
124	4	Прусия- Тьерра Бланка	голоцен (?)		2		17	2,45	1	9,93	-83,889	[364]
125	4	Ангос- тура		14740±225	2	25	14,25	2,3	1	10,018	-83,764	[364]
126	4	Бридж Годс	Землетрясение 1458 г.		14				2(?)	45,66	-121,94	[598]
127	5	Бага- Богд		> 15000	50	300	20	1,53	2	45,056	101,65	[721]
128	5	Номал			45	76	11	2,4	2(?)	36,066	74,298	[559, 563]
129	5	Сейд- маррэ		10370±120	44	200	20	3	2	33,043	47,625	[463, 755, 867]
130	5	Чуку- бамба		102000	40	80	25	3	2(?)	-15,833	-72,667	[651]
131	5	Гор-ТП			32		15,4	2,9	2(?)	35,3	74,31	[562]
132	5	Уэка- рейти		25000	29	70	14	0,5	2(?)	-38,711	177,168	[712]
133	5	Грин Лэйк		15500±700	27	45	7	1,05	2(?)	-45,78	167,37	[479, 539]
134	5	Колон- Коя	поздний плейстоцен		26	190	21	1,55	2(?)	-34,183	-70,605	[365]
135	5	Гор-Зет- тапани			24	55	15,5	3,1	2(?)	35,473	74,542	[559, 560]
136	5	Ронду- Менди А			23,5	65	11	2,4	2(?)	35,576	75,156	[563]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
137	5	Сурмо			21,5		12,5	2,58	2(?)	35,18	76,25	[562]
138	5	Данхар		>8900	20	40	5,6	2,2	2(?)	32,833	78,25	[589]
139	5	Джали- пур			12,3		43	3,37	2(?)	35,35	74,25	[562]
140	5	Флимс		8000-9000	10,25	60	11,57	2,2	6	46,833	9,312	[720, 728, 771]
141	5	Церго Рай		34,2±10,4	10	44	5,2	2,6	2(?)	28,232	85,603	[582, 773, 871, 872]
142	5	Бешкель			10	49	10,5	2,5	2(?)	41,442	74,48	[358, 460, 809]
143	5	Каракуд- жур	плейстоцен		10	32	6	1,6	2(?)	41,96	75,88	[358, 460, 809]
144	5	Ханичаль			9,2		4	2,05	2(?)	35,49	74,4	[562]
145	5	Сан Эдуардо			9	45	8,8	1,25		5,571	-73,05	[508]
146	5	Коман- Су		5000-11000	8	150	28	7	2(?)	39,54	72,69	[41, 747, 748]
147	5	Мургаб- ский	вторая половина позднего неоплейстоцена		8	84	11	2,5	2(?)	38,285	72,653	[314]
148	5	Пайвар			6	26,94	6,5	0,72	2(?)	37,87	71,45	[809]
149	5	Фари- шанг			6	10,5	8,5	2,2	2(?)	35,455	74,772	[563]
150	5	Паджвар			6	26,9	6,5	0,7	2(?)	37,87	71,45	[809]
151	5	Латам- ранг		5400	5,5	9	5,7	3,36	2(?)	28,53	84,31	[869]
152	5	Гомборо			5,5	41	7	3	2(?)	35,707	75,737	[563]
153	5	Башо			5,4		9	2,24	2(?)	35,18	76,25	[562]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
154	5	Брага	поздний неоплейстоцен		5	28	11	3,1	2(?)	28,609	84,08	[869, 870]
155	5	Гол-Гон			5	25	8,5	2	2(?)	35,287	75,873	[563]
156	5	Демо- крейша	поздний плейстоцен		5	210	42	3,6	2(?)	14,469	-90,899	[841]
157	5	Шатъяль			4,9	12,4	8,5	2,18	2(?)	35,3	73,33	[562]
158	5	Баранкас		2200±600	1,2		3,6	0,9	2(?)	-36,533	-70,133	[435]
159	5	Есо- Месон Альто		4600±600	4,5	22,7	7,6	1,55	2(?)	-33,717	-70,139	[365]
160	5	Баткор			4,1	14	8,6	1,85	2(?)	35,47	74,29	[562]
161	5	Личар			4	5,7	5	1,5	2(?)	35,3	74,34	[562]
162	5	Тиличи			3,6		5,5	1,5	2(?)	35,33	74,33	[562]
163	5	Кёфель		8710±150	3,3	11,5	9,3	1,3	2(?)	47,11	10,93	[870]
164	5	Калопани	голоцен	29674±1022	3	24	8,5	2,3	2(?)	28,733	83,733	[869]
165	5	Кекекэр			3		3,5	0,89	2(?)	39,1	75,075	[809]
166	5	Кизил- кель	ранний голоцен		3	4,9	2,5	1	2(?)	41,8	73,75	[809]
167	5	Калопани	голоцен		3	24	8,4	2,5	2(?)	28,733	83,733	[869]
168	5	Ачокалла		11485-10965	3	60	14	0,8	2(?)	-16,517	-68,167	[557]
169	5	Эстеро Макус		112000 ± 14000	2,9	12,23	9,6	1,43	2(?)	-32,6	-70,605	[365]
170	5	Хабдас			2,8				2(?)	35,28	75,25	[562]
171	5	Успен- ское		35000-13000	2,8	32	6,5	0,33	2(?)	44,891	41,447	[712]
172	5	Красно- полян- ский	начало позднего плейстоцен		2,7	8,8	3	1,6	2	43,647	40,281	[808]
173	5	Утриш			2,7	16,8	2,1	0,4	2	44,716	37,459	[808]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
174	5	Мертвые озера			2,5	14,65	7,5	1,6	2(?)	41,5	72,71	[809]
175	5	Джонгри	поздний плейстоцен		2,5	45	15	3,5	2(?)	27,48	88,17	[870, 871]
176	5	Кугарт			2,5	20	7,75	0,7	2(?)	41,17	73,343	[358, 460, 809]
177	5	Сарычелек			2,5	30	6,25	1,7	2(?)	41,745	72,701	[358, 460, 809]
178	5	Энгельберг			2,5	9	4,4	1,1	2(?)	46,823	8,401	[460]
179	5	Харбан			2,5	23,5	8,9	1,9	2(?)	35,488	73,688	[559, 560]
180	5	Халди			2,2	23	7	2,2	2(?)	35,24	76,409	[563]
181	5	Рица			2,2	8,76	5,6	1,4	2	43,466	40,502	[112, 808]
182	5	Катзарах		7830±190	2,1	23	10,8	2,68	2(?)	35,43	75,407	[562, 563]
183	5	Ирхт	поздний неоплейстоцен		2	54	9,3	2,2	2(?)	38,249	72,705	[75]
184	5	Кариухох			2		7,3	1,05	2(?)	42,868	44,161	[41, 288]
185	5	Большой дракон			2	9,5	10,7	1,57	2(?)	42,6	84,2	[809]
186	5	Кикинеизский	конец раннего неоплейстоцена – начало среднего неоплейстоцена		1,7	11,6	5,8	1,1	2(?)	44,434	33,963	[112, 808]
187	5	Сьерр		8620±40	1,5	26	14	1,7	2(?)	46,3	7,533	[715]
188	5	Кокомерен			1,5	5,4	5,7	1,28	2(?)	41,93	74,23	[809]
189	5	Аксу		63000-67000	1,5	3,3	4,6	1,9	2(?)	42,54	74	[460]
190	5	Тинирото		6500	1,5	18	5,5	0,3	2(?)	-38,769	177,549	[712]
191	5	Сейз			1,5	19	3,5	0,2	2(?)	46,165	24,786	[712]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
192	5	Батчалой-Дрен			1,5	12	7	2,4	2(?)	-	-	[559, 560]
193	5	Шеко			2,5	14,5	10,3	2,59	2(?)	-	-	[559, 560]
194	5	Стек II			4	4	5,7	1,9	2(?)	-	-	[559, 560]
195	5	Команский		5000-11000	8	150	34	3,8	2(?)	39,54	72,69	[41, 747, 748]
196	5	Лентен		30000-25000	15					-	-	[460]
197	5	Форшин			6		8,5	2,2	2(?)	-	-	[561]
198	5	Батчалой			3,5	12	7	2,4	2(?)	-	-	[561]
199	5	Доян			1,5	10	5,8	1,5	2(?)	35,52	74,68	[561]
200	5	Лас Арпас	поздний плейстоцен		12,5	39,5	9,25	1,2	2(?)	-	-	[365]
201	5	Лас Хуалтатас	средний плейстоцен		5,9	29,1	12	1,5	2(?)	-	-	[365]
202	5	Черро Визкачас северный	поздний плейстоцен		4,8	21,1	7,8	1,65	2(?)	-	-	[365]
203	5	Батуко-Транкуилла	поздний плейстоцен		3,8	24	10,25	1,97	2(?)	-	-	[365]
204	5	Эль Инженьо	поздний плейстоцен		4,4	21	6,5	1,3	2(?)	-	-	[365]
205	5	Эль Лаурель	поздний плейстоцен		3,6	23,6	5	1	2(?)	-	-	[365]
206	5	Пеуко	поздний плейстоцен		3,2	12,97	8	0,9	2(?)	-	-	[365]
207	5	Черро Гуанако	поздний плейстоцен		3	12,43	5,6	1,25	2(?)	-	-	[365]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
208	5	Кабеза де Торо	средний плейстоцен		2,7	11,58	4,7	1	2(?)	-	-	[365]
209	5	Лома Хюн-генал	средний плейстоцен		2,6	11,26	6,5	1,3	2(?)	-	-	[365]
210	5	Сан-Николас - Лас Кортадерас	голоцен		2,4	10,9	5,1	1,6	2(?)	-	-	[365]
211	5	Лларетас дель Рочин	поздний плейстоцен		2,5	10,33	5	1,1	2(?)	-	-	[365]
212	5	Уаикаремоана		2200	2,2	18	7,5	0,7	2(?)	-38,867	177,133	[457]
213	5	Вар Игл	миоцен		11	16,5	6		2(?)	34,583	-114,375	[495]
214	5	Жинша			3,75	37,5	7,5	1,8	2(?)	26,816	102,867	[564]
215	5	Камжан			2,1				2(?)	27,83	86,72	[871]
216	5	Холсар			2				2(?)	34,507	77,716	[871]
217	5	Машкин			8,2		7,4	3,06	2(?)	35,49	74,73	[788, 870]
218	5	Ринмо		30000-40000	1,5				2(?)	29,18	82,94	[870]
219	5	Похара		1150-1220	4				2(?)	28,2	84,0	[619, 870]
220	5	Арикота		18100±1100	2	8	4,8	1,56		-17,37	-70,33	[465, 619]
221	5	Сабш		1196 ±75	23,5	99	28,2	5,6	2(?)	28,212	83,058	[619]
222	5	Маху		25210-14750	2,38	17,3	5,4	1,2	2(?)	28,45	103,76	[447]
223	5	Фуксундо		20885 ± 1675	4,5			1,7	2(?)	29,189	82,922	[496]
224	5	TD-RA		43950±3895	1,7		10			-32,771	-69,333	[681]
225	5	PA1-RA		47440±3700	1,6		9			-32,743	-69,39	[681]
226	5	Мемен			15				2(?)	28,705	84,035	[496]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
227	5	Ленин- ская			2	32,5	24	3,8	2(?)	39,371	72,927	[747]
228	5	Мини- мини			5				2(?)	-19,125	-69,583	[465, 723]
229	5	Маскин			8,4		7,4	3,06	2(?)	35,45	74,75	[788]
230	5	Дела			1,9		1,6	1,1		32,317	49,783	[784]
231	5	Сэйа		9540±600	1,6		2,1	0,4		32,72	47,568	[464]
232	5	Кзазе- теэн		9100±40 and 10590±50	1,51	21	4,5	0,7	2(?)	35,933	101,607	[738]
233	5	Суози		71000±6000	2,15		10,2		2(?)	35,95	101,868	[532]
234	5	Ангара- канский			1,6	13,5	3,5	1,3	2(?)	56,307	113,488	[63]
235	5	Парам- ский			1,9	15,5	2,8	1	2(?)	56,672	115,415	[63]
236	5	Большой Леприн- докан- ский			20,4	97,3	7,5	1,2	2(?)	56,649	117,536	[63]
237	5	Леприн- докан- ский			4,7	28	4,6	1,1	2(?)	56,654	117,464	[63]
238	5	Сюль- банский			12	60	4,9	0,8	2(?)	56,589	117,159	[63]
239	5	Варварко Кампос		37000±1800- 29000±1500	3,5	18	3,5	0,6	2(?)	-36,258	-70,63	[524]
240	5	Казалия Монте дела Колонна	средний миоцен		70	350	16,5			44,1	11,454	[640]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
241	6	Бьёрноя		1 Ма - 780000	25000	115 тыс.	225	2,3		72,09	14,537	[569]
242	6	Агелхас	пост-плиоцен	<2,6 Ма	20331	79488	137	0,8		-37,0	26,5	[469, 685]
243	6	Амапа-1	плиоцен- плейстоцен		20010	71658	445	3,85		4,541	-48,917	[799]
244	6	Пара-Ма- ранео-4	плиоцен- плейстоцен		34774	96760	585	2,3		2,417	-46,875	[799]
245	6	Центра- льно- Амазон- ский-2	плиоцен- плейстоцен		6803	31513	300	2,2		4,788	-49,1	[799]
246	6	Натарая		10,8 Ма	18745	49000	550	3,15		18	68,5	[402]
247	6	Шаме	олигоцен		17433	68700	320	5,3		-28,07	14,58	[469]
248	6	Кейптаун	олигоцен		9920	42952	157	2,6		-35,08	18,46	[469]
249	6	Рокол		15000	4000	10200	120	2,4		56,1	-13,71	[486]
250	6	Чалд бэнк	палеоген		3849	28512	287	3,5		-31,28	14,74	[469]
251	6	Сторегга		8200	3700	95000	810	3,72		63,73	4,3	[487, 596, 813]
252	6	Матакаоа	неоплейстоцен		3200	13400	210	2,35		-37,25	178,6	[615]
253	6	Руатория		170000 ± 40000	3150	3400	110	3,3		-38,25	179,25	[427]
254	6	Нууану		2,7 Ма	3000	23000	235	5		21,53	157,667	[680, 763]
255	6	Мафия	ранний миоцен		2500	11600	215	4,2		-8,1	39,625	[804]
256	6	Пич		35500-14680	1830	1600	250	2,15		56,53	-8,82	[486]
257	6	Кейп Фир		16800	1700	29800	480	6,1		33,075	-75,333	[402, 732]
258	6	Вэйлау		1,4 Ма	1500	13000	195	5		21,26	156,917	[763]
259	6	Аресибо	плейстоцен		1500	1147	55	4,5		18,8	-66,5	[821]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
260	6	Хинло-пин-Ермак		29400	1350	10000	235	2,4		80,7	14,5	[570, 849]
261	6	Бруней		2000-7000	1200	5300	120	2,3		5,7	113,5	[512]
262	6	Фрам	поздний плиоцен-эоплейстоцен		1160	5500	100	3,35		79,833	4,625	[481]
263	6	Бейен		540000	839	5600	290	3,2		19,686	114,46	[810, 811, 863]
264	6	Израиль	поздний плиоцен		1000	4800	110	0,7		32,3	34,46	[654]
265	6	Дакар		1,2 Ма	1000	8000	100	1,1		13	-18,3	[672]
266	6	Трина-джапит		4000	900	14100	200	0,4		68,816	9,231	[569, 570, 612]
267	6	Миллер		200000	840	5700	95	1,1		62,1	-1,2	[486]
268	6	Гела		600000	632	1500	15	0,5		36,98	13,57	[894]
269	6	Сахара		60000	600	48000	900	3,3		26	-18	[631]
270	6	Мавритания		10900-10500	600	30000	300	2,9		17,5	-16,8	[366, 555]
271	6	SL2		117000-105000	500	5000	150	1,1		31,986	29,827	[510]
272	6	Арауко южный		>560000	472	1145	43	3,4		-38,529	-73,98	[514, 856]
273	6	Канарский		13000-17000	400	40000	600	1,4		29	-19,6	[359, 661, 839]
274	6	Алика-1		127000-112000	400	23000	88	5,8		19,23	-156,102	[680, 434]
275	6	WLWV	поздний неоплейстоцен		400	14000	160	1,1		42,5	-56,5	[699]
276	6	Арауко северный		410000	388	1256	59	4,4		-37,21	-78,887	[514, 856]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
277	6	Арауко цент- ральный		250000	253	924	49	3,7		-37,625	-74,333	[514, 856]
278	6	Алика-2		127000- 112000	200	1700	95	4,8		19,27	-155,907	[680, 434]
279	6	Курритак		50000-16000	165	6500	57	1,4		36,333	-74,77	[567]
280	6	Албмерл- Курритак	поздний плейстоцен		150					36,421	-74,513	[475]
281	6	б/н			152,2	1156	79	1,2		26,74	-91,61	[664]
282	6	б/н			148	5509	167	1,1		27,46	-90,04	[664]
283	6	б/н			119,9	2460	110	1,6		29,95	-87,64	[664]
284	6	б/н			70,4	2913	124	1,8		29,1	-88,93	[664]
285	6	б/н			51,4	1394	79	1,1		28,01	89,42	[664]
286	6	Кей Лей			40	950	75	5,2		18,977	-155,79	[680, 434]
287	6	Гондола		62000-56000	40	1050	50	0,87		41,235	17,417	[506]
288	6	Палео- Кубань	голоцен		40	200	22	0,55		44,833	36,933	[133]
289	6	хр. Оуин		130000	40	400	35	1,6		17,333	59,86	[750]
290	6	б/н			42,5	239	22	1,5		44	-125,39	[664]
291	6	б/н			27,6	525	51	1,7		36,24	-122,54	[664]
292	6	б/н			15,2	159	17	1,1		39,73	-124,97	[664]
293	6	б/н			12,1	295	48	1,6		36,71	-122,85	[664]
294	6	Глория Нолс		302000 ± 19000	32	174	27	1,1		17,813	141,683	[737]
295	6	VIG'95		11500	26	2000	100	1,1		39,75	1,117	[617]
296	6	Тиб			25	100	20			-19,545	113	[768]
297	6	Релока			24	290	25	2,6		-35,621	-73,683	[856]
298	6	Ангола	миоцен		20	430	30	0,6		-7,644	11,826	[513]
299	6	Центор			21	250	25			-	-	[768]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
300	6	Андуя			900	9700	190	2,2		71,06	17,22	[569, 583, 612]
301	6	Кикьем Дженни			16,5	65	16,5	1,2		12,34	-61,633	[396]
302	6	оползень ЮВ склона конуса PS4			19,3	150	19	2,25		-55,938	-28,1	[622]
303	6	LS02	плейстоцен		14		20	0,7		13,416	109,8	[711]
304	6	SL6		10000-9000	14	505	56	0,4		31,865	30,145	[510]
305	6	SL3		110000	13	450	37	0,35		31,778	29,727	[510]
306	6	SL5		110000	7	220	20	0,15		31,045	29,778	[510]
307	6	DL3			12,2	263,5	24,8	0,2		41,83	31,653	[472]
308	6	LS04	плейстоцен		10,5		20	1,2		11,918	109,8	[711]
309	6	Сюр		1500	10,5	1000	70	0,75		36,247	122,615	[626]
310	6	Ганос			10,4	53	16	0,69		40,75	27,45	[511]
311	6	Кабо Фрио MTC	пост-неогеновый		29	50	57	1,2		-23,772	-41,4	[470]
312	6	Кабо Фрио MTC1	пост-неогеновый		24	59	99	1,1		-24,04	-41,55	[470]
313	6	Кабо Фрио MTC2	пост-неогеновый		7	19	36	0,7		-24,409	-41,5	[470]
314	6	Кзаун- Тофино 1a			5,6	90,2	20	0,8		35,53	-4,27	[751]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
315	6	Масая			5,5	76	14,7	2,7		11,134	-87,716	[857]
316	6	Боул			5,3	492	29	0,935		-18,43	147,75	[737]
317	6	ERIS		21000	110	700	200	2,2		42,75	4,667	[371]
318	6	Вилла-франка			46	230	30	1,7		38,542	15,284	[505, 756]
319	6	SL2		11000-19000	8,4	280	40	0,7		37,65	129,38	[449]
320	6	SL3			5,4	120	32	0,6		37,75	129,23	[449]
321	6	Оллён		97400	6	120	34	1,7		37,98	129,86	[450]
322	6	LS3		20000-30000	75	1465	65	1,05		5,837	97,558	[635]
323	6	Гум-больд			6	200	7,2	0,35		40,846	-124,48	[509]
324	6	Моллой			65	240	47,3	3,1		3,875	79,532	[499]
325	6	МТС Багамской банки			20	400	17,6	0,55		24,967	-79,25	[735]
326	6	Александр		3 Ма	1800	1000	250			-67,783	-75,913	[611]
327	6	Ян Маейн			60		50	2		70,117	-7,75	[610]
328	6	Агедэр		142000 ± 1000	370	5500	200	3		29,29	-11,72	[632]
329	6	Никоя		110000	1650	1680	35	1,5		9,566	-85,214	[364, 542, 859]
330	6	Кейп Блан		155000	20					20,583	-19,167	[876]
331	6	Тринидад МТС.1	плио-плейстоцен		242	2017	140	1		10,44	-60,083	[687]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
332	6	Ник		16300	158	800				61,25	-7,555	[636]
333	6	Трини- дад МТС.2	плио-плейстоцен		35	626	40			10,407	-61,151	[686]
334	6	Трини- дад МТС.2.1	плио-плейстоцен		7,27	100	38			10,444	-61,038	[685, 686]
335	6	Гигант- ское хаотиче- ское тело	миоцен		80000	50000	400	4,3		35,8	-6,5	[685, 832]
336	6	Руаку- мара	плиоцен		1400	4000	100	1,2		-37,424	178,454	[615]
337	6	Талисман			20	194	15	0,54		57,588	-20,167	[767]
338	6	Южный Макассар	ранний плиоцен		2438	8985	85	1,2		-3,571	117,709	[369]
339	6	Морбиэн			50	1800				46,341	-5,833	[895]
340	6	Уаиней		3500000	6100	5500	50	5		21,45	158,167	[428, 734]
341	6	Прин- цессы Шарлот- ты 1			10	70	40	2,2		57,183	-137,111	[398]
342	6	Гебра		6500-13500	20	500	70	0,9		-62,63	-57,563	[583]
343	6	МТD-1			89	50	92	1,5		-53,475	-59,486	[697]
344	6	Бардвуд	ранний миоцен		950					-53,618	-59,571	[697]
345	6	44 граду- са с.ш.			37	100	21	1,4		43,578	-125,21	[627, 834]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
346	6	Хисета		108000 ± 15000	6100	2874	43	0,8		43,783	-125,103	[522]	
347	6	Бланко		445000 ± 42000	4400	2304	38	0,8		43,189	-124,962	[522]	
348	6	Кус Басен		1209000 ± 112000	5400	2713	48	0,8		42,689	-124,885	[522]	
349	6	Мансон- Найгрэн			973	1780	60	1,8		40,529	-66,799	[414]	
350	6	Вьест			12	300	40	1,4		42,085	16,84	[506]	
351	6	Аллюн-4			33,6	1319	105,4	1,1		36,083	130,931	[624]	
352	6	Аллюн-2			18,5	686,5	66,6	0,8		36,069	131,612	[624]	
353	6	Аллюн-8			15,1	777,6	127,6	0,9		35,896	130,457	[624]	
354	6	Аллюн-1			11,8	523,5	88,7	1,1		36,125	131,888	[624]	
355	6	Бараза			5,8	116	14,6	0,23		36,59	-3,8	[407]	
356	6	Фенглео			26	116	15	0,5		22,152	120,401	[416]	
357	6	Туезни		12500±2500	10	80	16	0,75		-38,813	178,401	[688]	
358	6	Ренжер	поздний плиоцен		12	200	25	0,8		28,725	-115,603	[700]	
359	6	Северо- Хокайд- ский		267000	80	200	29,5	1,6		46,079	143,889	[17]	
360	6	впадина Дерю- гина		>20000	660	20000	70			54,625	143,385	[17]	
361	6	Подвод- ная гора Макдо- нальд, юго-вос- точный					102	34	4,0	1	-28,983	-140,217	[424]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
362	6	Подводная гора Араго, северый			24	80	24	4,5	1	-23,367	-150,717	[424]
363	6	Подводная гора Макдональд, северо-западный				85	29	3,8	1	-28,975	-140,808	[424]
364	6	Нордаустлендт			50	200	6	1,5		81,633	17,741	[515]
365	6	Темпин		130000	720					62,941	2,717	[375]
366	6	Пейта					16	1,5		-5,6	-86,5	[609]
367	6	Лима		74500	40	125	30	1,4		-11,25	-78,95	[609]
368	6	Си Бим		500000	1200	1500	44	3,2		-5,641	-81,516	[858]
369	6	Аябакас коллапс	турон-коньяк	90-89 Ма	10000	80000				-15,0	-71,0	[401]
370	6	М17		460000	15,6	202,6	20			35,896	-2,872	[451]
371	6	М23		700000	6,1	55,3	14	0,94		35,783	-3,141	[451]
372	6	М36		790000	5,3	89,6	15			35,869	-2,853	[451]
373	6	МТD			19,3	340	68			-41,917	176,341	[665]
374	6	Голега			4	130	14,6			34,3834	-119,946	[601]
375	6	хр. Терпения			3	56	20	1,2		47,5	145,519	[17]
376	6	LV56-03		<600	4	42	8,5	0,25		51,71	145,7667	[16]
377	6	Хайя			25	150	16	0,35		-3,1667	118,707	[701]
378	6	Гордон			500	1760	70	1,4		-20,439	114,895	[702]
379	6	МТD А	поздний плиоцен		170		40			31,667	30,167	[706]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
380	6	MTD B			50		65			31,594	30,063	[706]
381	6	MTD C			50		62			31,806	30,201	[706]
382	6	Палма-хэйм			230	790	53	1,1		31,983	31,533	[363]
383	6	Суверо	плейстоцен		27	225	23	0,55		39,087	15,967	[836]
384	7	Таити южный		650000-850000	1150	2950	60	3,5		-17,667	-149,45	[424]
385	7	Икод		165000 ± 5000	320	1500	105	6,8		28,26	-15,689	[580]
386	7	Эль Голфо		15000±5000	300	1700	65	5		27,758	-17	[378, 580]
387	7	Марти-ника-1		115000-70000	250	2000	75	4,25		14,942	-61,167	[621]
388	7	Эль Джулан		550000 ± 5000	235	1800	60	4,5		27,67	-16,86	[378, 580]
389	7	Оротава		540000 ± 5000	210	2100	90	6,6		28,311	-15,462	[580]
390	7	Монт Амарело		73000±7000	160	650	45	6,3		14,95	-24,367	[459, 662]
391	7	Тристан да Кана		100000	150		50	3,75		-37,2	-12,3	[434, 537, 571]
392	7	Топ де Короя 1		>500000	150	1460	50	5		17,046	-25,296	[434, 662]
393	7	Топ де Короя 2		200000-400000	50	540	40	4,6		17,037	-25,228	[434, 662]
394	7	Камбр Нуэва		135000	145	780	80	6		28,771	-17,838	[434, 580, 839]
395	7	Гаймар		840000-780000	120	1600	50	4		28,245	-16,386	[434, 580, 839]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
396	7	Грит Ситкин	плейстоцен		47	1000	66	4,3		52,076	-177,168	[678]
397	7	Киска	плейстоцен		36,5	300	34	2,99		52,086	-177,64	[678]
398	7	Ле Прешёр		127000	25	1100	60	4,1		14,783	-61,167	[395, 396]
399	7	Плет Пей		>100000	20	3500	120	3,6		15,223	-61,333	[396]
400	7	Пику юго-восточный		186000 ± 5000 – 115000 ± 4000	16		60	4,5		38,42	-28,17	[433, 434, 565]
401	7	Чегаслина		200000	12,6	840	70	4,1	1	62,007	-144,02	[795]
402	7	Герлой III	голоцен		11	113	20	3,4		51,79	-178,75	[678]
403	7	Пику северный		70000	10	150	22	2,4		38,45	-28,21	[434]
404	7	Куалибу		>100000	10	350	40	3,6		13,848	-61,01	[396]
405	7	Монсерат-2		138000	9,5	212	34	4,25		16,725	-62,167	[621]
406	7	Балейн		50000	9	600	53	4		13,354	-61,182	[620]
407	7	Герлой I			8,3	458	48	3,3		51,79	-178,78	[678]
408	7	Суфриер		6000-2380	7	1000	70	3,4		15,248	-61,354	[396]
409	7	Драм	плейстоцен		7	200	40	3,4	1	62,117	-144,63	[795]
410	7	Маунт Карри			4	20	30	3,1		-56,345	-27,592	[622]
411	7	Бегсиматс		7250	2	74	25	0,43	7	48,833	-68,783	[408]
412	7	Кенага			25	230	29	4,4	1	51,918	-177,167	[429]
413	7	Ванкори		14000	3,1				1	38,792	15,208	[868]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
414	7	Санто- рини		5500	2,5		7,3	1,1	1	36,45	25,367	[698]
415	7	Таити северный		872000 ± 10000	800		70	3,75	1	-17,583	-149,367	[424, 566]
416	7	Седжака I		5000	2,9	10	19	3,9	1	51,885	-178,146	[429, 678, 753]
417	7	Адегдак	плейстоцен		10,5	299	36,5	4,5	1	51,924	-176,567	[678]
418	7	Боброф			8,8	148	28	3,7	1	51,909	-177,435	[678]
419	7	eA1			550	3300	94	6,2	1	-21,236	55,712	[703, 727]
420	7	Гарове			2,5	100	166	0,9	1	-4,654	149,462	[800]
421	7	Толокива			5,8	145	200	1,8	1	-5,317	147,583	[800]
422	7	Саккар SLD2			13,5	590	38	1,8	1	-5,342	148,083	[608]
423	7	Ивисеус- сат	средний голоцен	5782-8512	1,7	85	13,58	2,34	6	70,484	-52,903	[603]
424	7	Аппалук	средний голоцен	5782-8512	5,2	123	18,52	2,11	6	70,484	-52,708	[603]
425	7	Юджара- сассак	средний голоцен	5782-8512	8,4	133	18,97	1,64	6	70,419	-52,48	[603]
426	7	Стромбо личио		34000-26000	2		17	2,9		38,815	15,253	[752]
427	7	Верхний Ванкори		21000-13000	2,23	6,3	3,3	1,65		38,787	15,21	[828, 829]
428	7	Сен Пьерр (Мон Пеле)		32000-25000	13	700	70	4,4	1	14,812	-61,138	[395, 396]
429	7	Ле Карбе		340000- 322000	20				1	14,72	-61,116	[395]
430	7	Жендиа		2 Ma	25	250			1			[579]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
431	7	Агейт		14 Ма	50	500			1			[579]
432	7	Хорга-залс		14-15 Ма	80	1000			1			[579]
433	7	Рок Набло		3,5-3,9 Ма	34	330			1			[579]
434	7	Анага		4,1-4,7 Ма	36	400		3,5	1	28,577	-16,206	[579, 660]
435	7	Рокс де Гарсия		860000 ± 25000	500	4500	130	7	1	28,182	-16,654	[434, 579]
436	7	Лас Пляя II		145000-176000	50	950	50	4,5	1	28,727	-17,974	[579, 660]
437	7	о. Мехетиа, западный				70	25	3,7	1	-17,933	-148,233	[424]
438	7	о. Мехетиа, восточный				95	32	3,9	1	-17,95	-148,067	[424]
439	7	о. Мехетиа, северный				40	21	2,6	1	-17,867	-148,133	[424]
440	7	о. Маиоа, западный				52,5	25	2,8	1	-17,65	-150,633	[424]
441	7	о. Раиатеа, западная КЛ				85	35	3,2	1	-16,733	-151,45	[424]
442	7	о. Бора-Бора, западная КЛ			22	55	25	3,0	1	-16,533	-151,833	[424]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
443	7	о. Бора-Бора, северный				55	25	3,0	1	-16,467	-151,48	[424]
444	7	о. Тупаи, восточная КЛ				65	31	2,75	1	-16,258	-151,808	[424]
445	7	о. Тубуаи, западный				195	55	4,7	1	-23,417	-149,517	[424]
446	7	о. Тубуаи, южная КЛ				90	30	4,0	1	-23,383	-149,467	[424]
447	7	о. Руруту, западный				105	31	4,5	1	-22,483	-151,358	[424]
448	7	о. Руруту, восточный				45	20	3,0	1	-22,467	-151,317	[424]
449	7	о. Риматара, юго-восточный				125	33	5,0	1	-22,65	-152,8	[424]
450	7	Пляя дела Вега		800000-1000000	650	2000	80	6,0	1	28,75	-17,821	[660]
451	7	о. Бастер, юго-западный		630000-650000	10				1	16,262	-61,703	[760]
452	7	wN1a			760	4565	86	6	1	-20,962	55,307	[703]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
453	7	sN1			680	4100	112	6	1	-21,141	55,469	[703]
454	7	о. Бас- Тер, юго- восточ- ный		550000	25				1	16,19	-61,649	[760]
455	7	Пито де ла Фурнез			550					-21,25	55,706	[727]
456	7	nN1			870	5200	105	6,4	1	-21,089	55,481	[703]

Примечание 1.

Тип (по условиям образования):

- 1 – современный субаэральный
- 2 – современный подводный
- 3 – современный переходный
- 4 – субаэральный вулканогенный
- 5 – субаэральный горный
- 6 – подводный
- 7 – переходный

Примечание 2.

Тип (по триггерному фактору):

- 1 – вулканогенный
- 2 – сейсмогенный
- 3 – техногенный
- 4 – несейсмогенный
- 5 – тектонический
- 6 – постгляцный
- 7 – разжижения

Каталог ощутимых и сильных землетрясений, сопровождавшихся интенсивным проявлением оползневых процессов

№№	Широта, град	Долгота, град	Дата	Магнитуда (M_w)	Глубина, км	Кол-во оползней (N_{LT})	Площадь развития оползней, км ²	Магнитуда интенсивности оползней (M_L) ¹⁾	Нормированная магнитуда интенсивности оползней (M_{Lnorm}) ²⁾	Частотная пораженность ³⁾ , оп/км ²	Источник
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-41,7	172,2	17.06.1929	7,7	9	4074	4222	3,61	1,98	0,96	[714]
2	60,908	-147,339	28.03.1964	9,2	25	2114	5180	3,33	1,61	0,41	[854]
3	-41,76	171,96	24.05.1968	7,1	10	1400	3500	3,15	1,60	0,40	[714]
4	24,1	102,6	05.01.1970	7,1	13	640	2594	2,81	1,39	0,25	[448]
5	-9,2	-78,8	31.05.1970	7,9	43	1150	8300	3,06	1,14	0,14	[593, 645, 726]
6	34,416	-118,37	09.02.1971	6,7	13	6000	3400	3,78	2,25	1,76	[830]
7	15,23	-89,26	04.02.1976	7,5	5	50000	16000	4,70	2,49	3,13	[592]
8	46,241	13,119	06.05.1976	6,4	9	1006	320	3,00	2,50	3,14	[530, 840]
9	34,81	139,26	14.01.1978	6,8	14	659	1170	2,82	1,75	0,56	[814]
10	37,696	-118,75	25.05.1980	6,1	6	5253	1220	3,72	2,63	4,31	[592, 875]
11	40,85	15,28	23.11.1980	6,9	12	358	300	2,55	2,08	1,19	[655]
12	36,232	-120,312	02.05.1983	6,5	7	3980	1537	3,60	2,41	2,59	[543]
13	13,827	-89,118	10.10.1986	5,7	12	283	200	2,45	2,15	1,42	[757]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	37,036	-121,88	18.10.1989	6,9	8	1500	2000	3,18	1,88	0,75	[592]
15	36,83	49,407	20.06.1990	7,3	25	223	650	2,35	1,54	0,34	[848]
16	9,69	-83,07	22.04.1991	7,6	10	1643	2032	3,22	1,91	0,81	[392, 649]
17	7,07	-76,8	18.10.1992	7,1	14	1000	480	3,00	2,32	2,08	[507]
18	37,667	21,463	26.03.1993	5,2		47	145	1,67	1,51	0,32	[605]
19	-5,889	146,2	13.10.1993	6,9	20	4790	3500	3,68	2,14	1,37	[671, 805, 840]
20	34,213	-118,537	17.01.1994	6,7	19	11300	4043	4,05	2,45	2,79	[544, 714]
21	2,89	-75,95	06.06.1994	6,8	12	3000	2900	3,48	2,01	1,03	[508]
22	34,583	135,018	16.01.1995	6,9	22	2353	910	3,37	2,41	2,59	[749, 814]
23	43,019	12,879	26.09.1997	6,0	10	276	700	2,44	1,60	0,39	[592, 655]
24	23,407	120,736	17.07.1998	5,7	12,6	847	744	2,93	2,06	1,14	[814]
25	23,772	120,982	20.09.1999	7,6	21	31978	10499	4,50	2,48	3,05	[577, 634]
26	13,049	-88,66	13.01.2001	7,7	60	500	2560	2,70	1,29	0,20	[391]
27	13,671	-88,938	13.02.2001	6,6	15	5371	471	3,73	3,06	11,40	[383, 670] (афтершок)
28	35,626	49,047	22.06.2002	6,5	10	550	1130	2,74	1,69	0,49	[644]
29	63,51	-147,45	03.11.2002	7,9	5	1580	7150	3,20	1,34	0,22	[528]
30	18,84	-103,818	21.01.2003	7,6	24	121	5800	2,08	0,32	0,02	[594]
31	38,79	20,56	14.08.2003	6,2	12	301	127	2,48	2,37	2,37	[713]
32	-45,13	166,93	22.08.2003	7,2	24	422	3000	2,63	1,15	0,14	[540, 658]
33	50,133	87,8	27.09.2003	7,3	10	125	3668	2,10	0,53	0,03	
34	37,28	138,88	23.10.2004	6,6	13	1353	420	3,13	2,51	3,22	[764, 862]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
35	-38,01	176,52	18.07.2004	5,5	5	79	50	1,90	2,20	1,58	[541]
36	34,493	73,629	08.10.2005	7,6	26	2930	3250	3,47	1,95	0,90	[377, 587]
37	19,84	-156,06	15.10.2006	6,7	45	383	171	2,58	2,35	2,24	[545]
38	-45,30	-73,00	21.04.2007	6,2	37	541	1444	2,73	1,57	0,37	[707, 779, 814]
39	37,5	136,6	16.07.2007	6,6	17	312	396	2,49	1,90	0,79	[814]
40	-13,323	-76,545	15.08.2007	8,0	39	866	27000	2,94	0,51	0,03	[613]
41	39,03	140,881	14.06.2008	6,9	8	4137	587,7	3,62	2,85	7,04	[888]
42	31,021	103,367	12.05.2008	7,9	19	197481	110000	5,30	2,25	1,80	[887]
43	42,334	13,334	06.04.2009	6,2	8	570	1137	2,76	1,70	0,50	[655, 814]
44	-45,25	168,58	15.07.2009	7,6	12	241	5600	2,38	0,63	0,04	[502]
45	18,443	-72,571	12.01.2010	7,0	13	30828	15736	4,49	2,29	1,96	[885]
46	-36,29	-73,239	27.02.2010	8,8	35	1226	120500	3,09	0,01	0,01	[780]
47	32,296	-115,282	04.04.2010	7,2	8	453	1520	2,66	1,47	0,30	[814]
48	33,2	96,6	14.04.2010	6,9	14	2036	1194	3,31	2,23	1,71	[884]
49	-43,6	172,71	22.02.2011	6,3	5	170	150	2,23	2,05	1,13	[538]
50	38,297	142,373	11.03.2011	9,0	29	3477	28380	3,54	1,09	0,12	[866]
51	36,9933	138,5913	12.03.2011	6,7	8	111	160	2,05	1,84	0,69	[547]
52	37,69	-1,68	11.05.2011	5,1	3	256	100	2,41	2,41	2,56	[360]
53	27,723	88,064	18.09.2011	6,9	19,7	1196	4105	3,08	1,46	0,29	[533, 652]
54	43,4	84,8	30.06.2012	6,6	7	453	3800	2,66	1,08	0,12	[643]
55	-0,178	119,84	18.08.2012	6,3	10	520	1079	2,72	1,68	0,48	[815]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
56	52,492	-132,075	27.10.2012	7,8	23	244	1350	2,39	1,26	0,18	[376]
57	30,284	102,95	20.04.2013	6,6	14	7948	5400	3,90	2,17	1,47	[886]
58	34,5	104,2	22.07.2013	5,9	20	2330	330	3,37	2,85	7,06	[826]
59	-41,73	164,15	16.08.2013	6,6	7	200	180	2,30	2,05	1,11	[659]
60	-40,62	175,86	20.01.2014	6,1	34	177	1000	2,25	1,25	0,18	[659]
61	27,099	103,34	03.08.2014	6,2	12	1024	232	3,01	2,64	4,41	[882]
62	-43,055	171,236	06.01.2015	6,0	9	267	370	2,43	1,86	0,72	[754]
63	28,23	84,731	12.05.2015	7,8	8	47200	35664	4,67	2,12	1,32	[827]
64	38,676	20,595	17.11.2015	6,5	11	596	115	2,78	2,71	5,18	[713]
65	0,35	-80,17	16.04.2016	7,8	17	192	18000	2,28	0,03	0,01	[420]
66	32,742	130,81	16.04.2016	7,0	11	3467	6000	3,54	1,76	0,58	[883]
67	10,76	-85,112	04.07.2016	5,4	7	942	27	2,97	3,54	34,89	[740]
68	-42,69	173,02	14.11.2016	7,8	15	29557	10000	4,47	2,47	2,96	[659]
69	33,193	103,855	08.08.2017	6,5	12	2212	1275	3,34	2,24	1,73	[881]
70	18,55	-98,489	19.09.2017	7,1	57	14	6440	1,15	-0,66	0,002	[679]
71	29,75	95,02	18.11.2017	6,4	10	3130	665,6	3,50	2,67	4,70	[574]
72	34,905	45,956	12.11.2017	7,3	21,5	386	12000	2,59	0,51	0,03	[415, 491]
73	-6,07	142,754	25.02.2018	7,5	24	1177	491	3,07	2,38	2,40	[816]
74	41,87	14,86	16.08.2018	5,1	19	1704	1000	3,23	2,23	1,70	[656]
75	42,686	141,929	06.09.2018	6,6	39	5977	2266,45	3,78	2,42	2,64	[413]
76	-0,22	119,85	28.09.2018	7,5	20	7063	3800	3,85	2,27	1,86	[906]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
77	3,462	-74,18	24.12.2019	6,0	13	838	1500	2,92	1,75	0,56	[508]
78	38,359	39,063	24.01.2020	6,8	8	328	295	2,52	2,05	1,11	[588]
79	27,18	103,16	18.05.2020	5,1	10	167	1410	2,22	1,07	0,12	[550]
80	18,434	-73,482	14.08.2021	7,2	10	8444	2700	3,93	2,50	3,13	[907]
81	30,37	102,94	01.06.2022	5,8		2352	3900	3,37	1,78	0,60	[782]
82	29,59	102,08	05.09.2022	6,6	16	4528	2000	3,66	2,35	2,26	[908]
83	32,25	101,82	10.06.2022	6,0	13	650	5700	2,81	1,06	0,11	[783]
84	17,56	120,801	27.07.2022	7,0	33,7	1474	2200	3,17	1,83	0,67	[719]
85	37,166	37,032	06.02.2023	7,8	10	3673	25800	3,57	1,15	0,14	[527]
86	-8,287	116,452	05.08.2018	6,9	37	5621	1850	3,75	2,48	3,04	[906]
87	13,827	-89,118	10.10.1986	5,7	40	283	200	2,45	2,15	1,42	[757]

Примечание.

1) Магнитуа интенсивности оползневых процессов, M_L – характеристика развития оползней, оцениваемая как десятичный логарифм количества проявлений оползневых процессов в пределах изучаемой территории.

2) Нормированная магнитуа интенсивности оползневых процессов, M_L^{norm} – характеристика развития оползней, оцениваемая как десятичный логарифм усредненной интенсивности оползневых процессов, приведенной к площади 100 км², в пределах рассматриваемой территории, рассчитываемая по формуле

$$M_L^{norm} = \log_{10} \left(\frac{N}{(S/100)} \right), \text{ где}$$

N_{LT} - общее число оползней, выявленных на изучаемой территории с площадью S (км²).

3) Частотная пораженность оползневыми процессами, P - характеристика развития оползней, оцениваемая как отношение количества оползней (N_{LT}), выявленных на изучаемой территории, к ее площади S , выраженная в процентах, рассчитываемых для единицы площади (например, 1 км^2)

$$P = \frac{N_{LT}}{S}, \text{ оп/км}^2$$