

**ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ, АВТОМАТИКИ И
ГЕОМЕХАНИКИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ**

**ЖАЛАЛАБАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.
Б. ОСМОНОВА**

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д 25.24.709

На правах рукописи
УДК 551.435627(5752)(04)

Кожогулова Гульмира Камчибековна

**Особенности возникновения и передвижения оползней на основе
влияния наночастиц**

Специальность: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушения пород, рудничная
аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек -2025

Общая характеристика работы.

Актуальность темы диссертации.

Кыргызстан – горная страна. Более 90% ее площади занимают горы. При этом на ее территории широко развиты природные и природно-техногенные катастрофы. Наиболее опасными природными процессами и явлениями из них являются землетрясения, оползни, лавины. Причем, чрезвычайные ситуации по данным МЧС КР, связанные с активизацией оползневых процессов составляет 8,4% от общего числа зарегистрированных. Наибольшее количество чрезвычайных ситуаций от оползней отмечается в Ошской (46,6%) и Джалал-Абадской (32,2%) областях. В Чуйской (Северный Тянь-Шань), Иссык-Кульской, Нарынской областях они составляют от 3.8 % до 6.4%.

В настоящее время, в Кыргызстане зарегистрировано свыше 5000 современных оползней. Изучением этих оползней в республике занимались крупные ученые академики И.Т. Айтматов, В.И. Нифадьев, К.Ч. Кожогулов, д.т.н., профессор А.Е. Воробьев, д.т.н., О.В. Никольская, член-корр. НАН КР С.Ф. Усманов, к.т.н., И.А. Торгоев, к.т.н., Ю.Г. Алешин, к.т.н., З.А. Асилова и др.

Анализ литературы показал, что активизация оползней обычно связана с тектоникой и сейсмичностью, количеством осадков, сезонными колебаниями температуры. Однако, несмотря на то, что большое количество литературы посвящено этой проблеме, до настоящего времени нет единого мнения о механизмах возникновения и передвижения быстропотекающих и длинных глинистых оползней и они остаются не полностью выясненными.

Связь темы диссертации с основными научно-исследовательскими работами.

Результаты диссертации вошли в НИР по гранту Российского научного фонда № 23-27-00444, <https://rsc-.ru/project/23-27-00444/,2023.r>.

Целью работы является установление механизма особенностей возникновения и передвижения протяженных глинистых оползней на основе влияния наночастиц.

Для достижения цели определены следующие основные задачи:

1. Выяснить основные инженерно-геологические условия формирования, развития и активизации оползневых процессов на склонах Северного Тянь-Шаня.
2. Изучить физико-химические свойства нанотрубок.
3. Провести новую интерпретацию роли глин в перемещении геомассы оползня.
4. Составить новую типизацию оползней.
5. Обосновать триггерные механизмы, воздействующие на возникновение и передвижение оползневых геомасс.
6. Обосновать механизм передвижения геомасс оползней на основе влияния наночастиц.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Определены электронные и физико-химические свойства наночастицы нанотрубок.
2. Установлены основные особенности передвижения глинистых оползней.
3. Предложена новая типизация оползней, которая включает в себя в отличие от известных три типа: традиционные оползни, оползни с геохимическим преобразованием пород и оползни со смазкой.
4. Обоснованы триггерные механизмы воздействующих на возникновение оползней.
5. Представлена новая интерпретация роли глин в перемещении геомассы оползня.
6. Обоснован механизм быстрого перемещения глинистых оползней на основе влияния наночастиц.

Практическая значимость полученных результатов.

Практическое значение результатов диссертационной работы заключается в том, что они внесут существенный вклад в решение важнейшей народно-хозяйственной задачи – прогноза оползней, с точки зрения изучения процессов подготовки, перемещения и познания механизмов развития этого процесса.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Присутствующие в горной массе наночастицы образуют наносодержащий слой, который обеспечивает передающую и пропускную способность или проскальзывание горной массы оползня, т.к. определяет качественное и количественное значение трения, а также преобразование вектора сил между сильным и прерывистым трением и плавным скольжением. При этом, из-за своей относительно большой плотности и значительной площади поверхности слой наноразмерных частиц вызывает физико-химическую активацию, что оказывает существенное воздействие на перемещение горной массы оползня.
2. Глобальное изменение климата, вызывающее в некоторых районах Земли интенсивные осадки, являющееся одним из триггерных факторов, неизбежно приводит к усилению оползневой активности. Для получения качественно-количественной оценки воздействия климата на оползни необходимо осуществлять измерение изменения температуры, атмосферных осадков, ветра и погодных систем в целом, а также их прямое и косвенное влияние на устойчивость отдельных горных склонов.
3. Быстрое перемещение геомассы глинистых оползней обеспечивается наночастицами галлуазита, выполняющих роль эффективной смазки на поверхностях скольжения и участием ее нижнего слоя перемещающего оползня в качестве природных нанопошипников.

Личный вклад соискателя заключается в проведении ретроспективного анализа, сборе, систематизации и обработке литературных и фондовых материалов о произошедших оползнях в Северном Тянь-Шане, в составлении типизации оползней, в новой интерпретации роли глин при перемещении геомассы быстрых оползней, в обосновании триггерных механизмов воздействия на возникновение оползней, в обосновании нового механизма передвижения геомассоползней на основе влияния наночастиц.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследования докладывались, обсуждались и одобрены на:

- Научно-практической конференции “Наука, образование, инновации и технологии: оценки, проблемы, пути решения. 28-29 апреля 2022 г. г. Бишкек.
- Международной научно-практической конференции: Актуальные вопросы геологии, инновационные методы прогнозирования добычи и технологии обогащения полезных ископаемых. 28 июня 2022 г. г. Ташкент.
- XII Всероссийской Школы-Семинара “Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России, 2022 г. г. Ростов на Дону.
- XXX Международной научной конференции “Лазерно - информационные технологии: 12-17 сентября 2022 г. г. Новороссийск, Краснодарский край.
- IX Международной научно-практической конференции “Наука общество, технологии: проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире”. 9 марта 2023 г. г. Петрозаводск.
- IV Международной научно-практической конференции. “Новые вызовы – новые исследования” 8 марта 2023 г. г. Петрозаводск, в котором автор получила диплом победителя I степени по секции “Технические науки”.

Полнота отражений результатов исследований в публикациях:

Результаты исследований, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 17 научных трудах в т.ч. работы, опубликованные в РИНЦ. Структура и объем диссертации: Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов, содержаний страниц текста, рисунков, 22 таблицы, и списка литературы из наименований.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов, изложенных на страницах, содержит рисунков, таблиц, наименований библиографии.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю академику ИА Кыргызской республики д.т.н., профессору **А.Е. Воробьеву** за постановку задач, ценные советы и постоянную помощь при выполнении работы.

Основное содержание работы.

В введении обоснована актуальность темы исследования, определены цели и задачи работы, изложены научная новизна, основные положения, выносимые автором на защиту и их практическое значение, приводится апробация результатов исследования, объем и структура диссертации.

В первой главе приведены сведения и анализ структурно-геологических условий территории Северного Тянь-Шаня и рассмотрена характеристика опасных склоновых гравитационных процессов в Кыргызстане.

Горные условия Тянь-Шаня с позиций подверженности чрезвычайным ситуациям природного, техногенного, экологического и социально-биологического характера представляется особо уязвимой. Высокогорность страны создает благоприятные условия для тектонических движений обуславливающих развитие оползней, обвалов, камнепадов, селей и паводков, лавин, землетрясений, подтоплений и иных опасных процессов.

По данным МЧС КР на территории Кыргызской республики выявлено в настоящее время более 5000 оползней, от древних до современных возрастов, получили развитие преимущественно в низко- и среднегорных ярусах рельефа, редко в высокогорной зоне, число которых ежегодно возрастает в связи с активизацией взаимодействующих современных геодинамических движений, сейсмичности, подъемом уровня подземных вод, аномальным количеством выпавших атмосферных осадков, а также инженерно-хозяйственной деятельностью человека, нарушающий баланс устойчивости склона в горных зонах.

В связи с усилением оползневой активности в последнее десятилетие, изучение оползней, образующихся в глинистых отложениях горных и предгорных районов Кыргызстана, в настоящее время, приобретает большое значение.

Вопросам изучения оползней посвящено множество работ как зарубежных ученых, так и ученых из стран СНГ, и Кыргызстана.

Из зарубежных ученых широкую известность своими исследованиями получили К Терцаги []

Особо важный вклад по определению типов и механизмов возникновения оползней, расчетов оползнеопасных склонов внесли Е.П. Емельянова [] Г.М. Шахунянц []

Изучением оползней в горноскладчатых областях занимались и Кыргызстанские ученые: И.Т. Айтматов [], В.И. Нифадьев [], К.Ч. Кожогулов [], А.Е. Воробьев [], С.Ф. Усманов [], И.Б. Бийбосунов [], М.Дж. Джаманбаев [], О.В. Никольская [], И.А. Торгоев [], Ю.Г. Алешин [], Б.И. Бийбосунов [], К.Дж. Усенов [], и другие.

В настоящее время в мире происходит интенсивное развитие и переход к широкому использованию различных наночастиц во многих отраслях науки и промышленности.

Наночастицы – это частицы с характерным размером приблизительно 1-100 нанометров, хотя бы по одному измерению (1 нанометр это 1 миллиардная метра) (рис.1). При этом, в конце XX века окончательно стало очевидно существование определенной области размеров частиц вещества – область наноразмеров и что наноразмерный интервал строения материи все-таки имеет свои особенности, что на этом уровне вещество обладает иными свойствами, которые не проявляются в макромире.

И практически в ближайшие в ближайшие десятилетия благодаря интенсивному научно-техническому прогрессу нанотехнологии окажут огромное влияние большинству областей деятельности человеческого общества.

Самый простой вид современной нанопродукции – наночастицы. Измельчение до частиц размером в десятки и сотни нанометров придает материалам и процессам, связанных с ними принципиально иные физико-механические свойства. Формальными признаками наночастиц является их преимущественно сферическая форма (рисунок 1) и значения размеров (от 1 – до 250-300 н.м.).

В работе перечислены наноразмерные объекты, которые можно отнести к наночастицам. При этом, особо подчеркнуто, что к объектам исследований нанонауки относятся и ультрадисперсные системы: это прежде всего различные глины, которые и слагают в большинстве своем и оползнеопасные склоны Северного Тянь-Шаня.

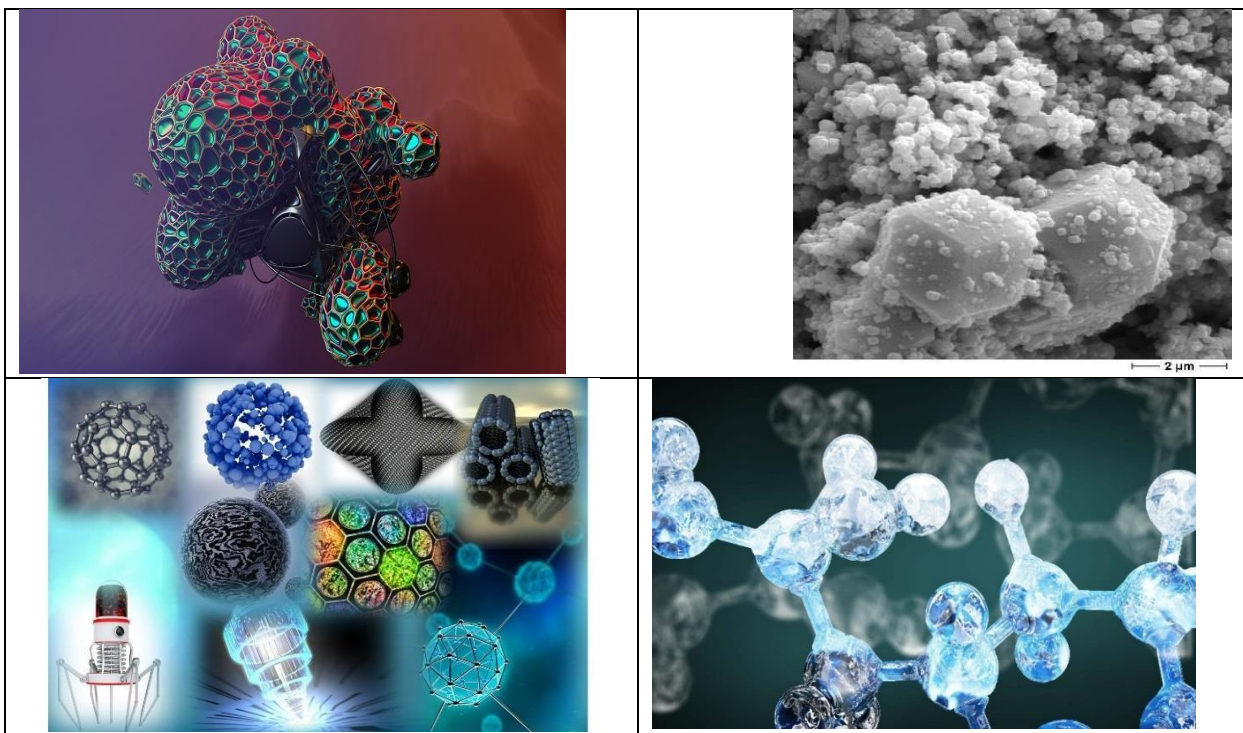


Рисунок 1. Наночастица.

Вторая глава посвящена общей методике исследований. Описаны современные методики и технологии поиска научной литературы по оползням, методы определения механических свойств грунтов, слагающих оползневые склоны. Приведен широкий спектр инструментально-аналитических методов для изучения наноэффектов. Приведены результаты определения физико-химических свойств нанотрубок.

В данной главе приведены разработанные методические рекомендации по обеспечению объективной идентификации всего спектра информационных ресурсов, служащих для поиска научной литературы в области исследований оползней, проведении точного и достаточно полного информационного поиска по заданному направлению, а также в качественном отборе наиболее авторитетной и ценной профильной информации, для последующего ее использования при осуществлении исследований.

При этом, методики поиска научной литературы включают в себя следующие основные методы.

Библиографический анализ первичных документов – это один из основных видов анализа, который подразумевает выделение наиболее существенных сведений о публикации, с целью получения ее характеристики и использования при поиске документов и информации. Метод апперципирования предполагает поиск литературных источников, посвященных вопросам оползней, которые могли бы дополнить ход исследования автора принципиальными сведениями в этой сфере.

Дескриптивный метод базируется на поиске в литературных источниках ключевых (опорных) слов и словосочетаний (дескриптах), так или иначе использующих термин “оползень” в их различном сочетании.

Метод деконструкции основан на таких принципах поиска научной литературы, как научная оценка и толкование текста первоисточника и заключается в целенаправленном отборе литературных источников, содержащих соответствующий материал, объясняющий базовые принципы, механизмы и процессы оползней, для последующего включения его фрагментов в подходящие места осуществляемой работы (с обязательной нумерной ссылкой на первоисточник).

Возможен поиск литературных источников по результатам их аспектного анализа, который предполагает исследование поставленной проблемы (для которой ищутся литературные источники), с помощью конкретной теории, трудов определенного автора (основоположника той или иной проблемы возникновения оползней), имеющую довольно высокую репутацию, определяемую индекс Хирша.

При этом, современный инновационный поиск способен доставлять потребителю такие услуги, как генерирование принципиально новых идей, усовершенствование знаний по выбранной теме или оценка используемых методов и технологий.

В работе описаны основные методы изучения механических свойств грунтов слагающих оползневых склонов. Предложены формулы для определения прочности горных пород по геофизическим каротажам, при отсутствии образцов, необходимых для лабораторных испытаний.

Для изучения наноэффектов (как в поверхностных слоях, так и в объемах наночастиц), в работе приведён широкий спектр инструментально-аналитических методов.

При этом указано, что сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и атомно-силовая микроскопия (АСМ) являются основными методами, используемых для прямой визуализации существующей морфологии и структуры поверхности нанокатализаторов. При этом отмечено, что рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS) – это поверхностно-чувствительный метод, который широко используется для характеристики химического состояния и состава элементов, присутствующих на поверхности нанокатализаторов.

Для описания топологии поверхности наночастиц в работе предложено использовать методы, которые основаны на двух различных подходах: платная обработка поверхности в трехмерном пространстве и, во-вторых, обработка геометрии поверхности в пространстве изображений на основе специального математического аппарата. Эти подходы имеют решающее значение для таксономии получаемой экспериментальной информации о свойствах и состоянии поверхности наночастиц.

Современная приборная база в совокупности с используемыми известными математическими методами, применяющие модели с сосредоточенными параметрами, а также модели с распределенными параметрами, позволили установить вывод о том, что описание топологии поверхности наночастиц стал одним из важных и необходимых этапов исследований.

Нанотрубка представляет собой полую внутри молекулу, состоящую из порядка 1000 000 атомов углерода (или другого химического элемента, часто металла) и представляющую однослойную или многослойную трубку диаметром около нанометра и длиной в несколько десятков микрон (рисунок 2).

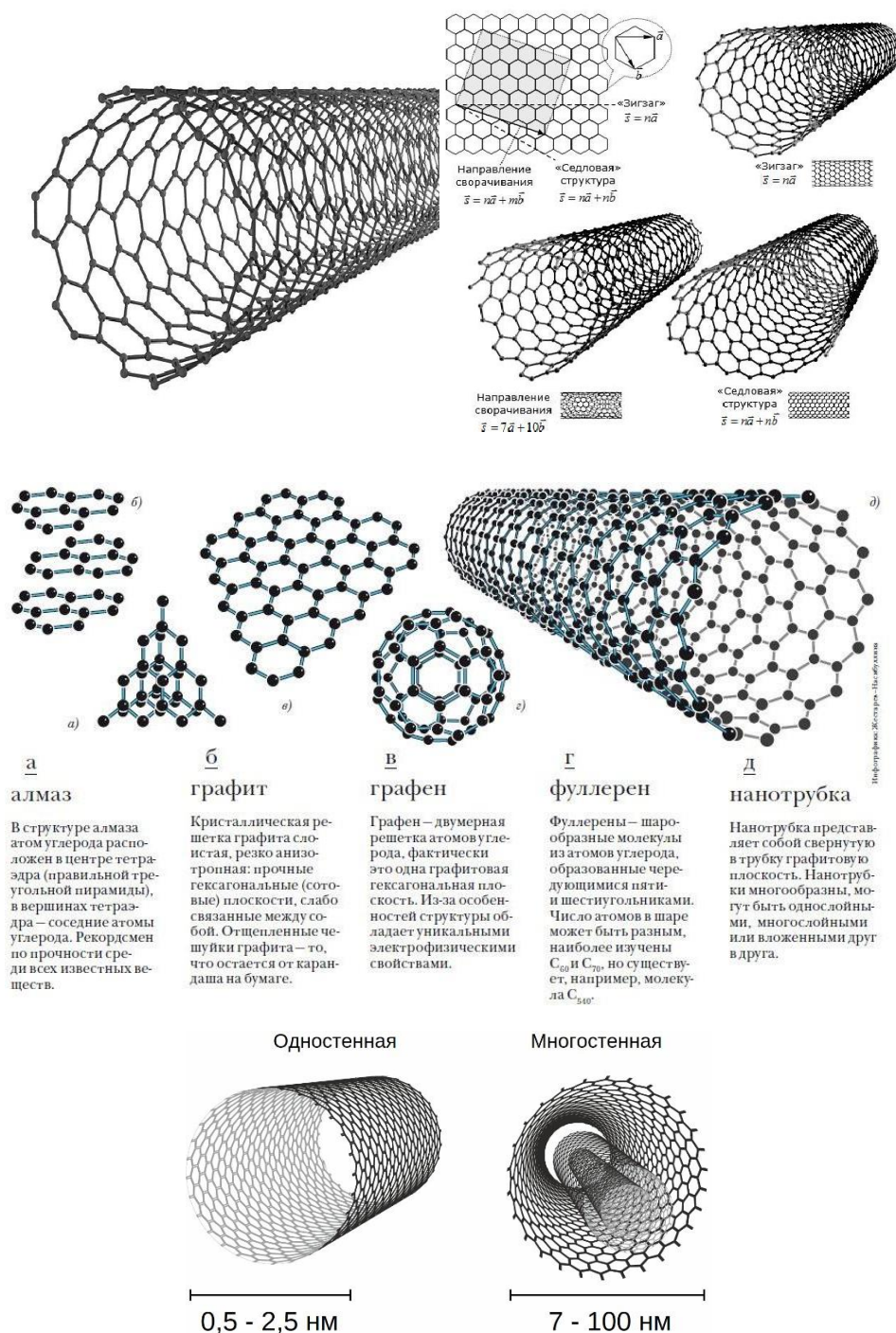


Рисунок 2. Одно- и многостенные нанотрубки

Эти нанотрубки представляют собой цилиндрические структуры, образованные гексагонально собранными атомами углерода или других химических элементов. На их поверхности атомы углерода расположены в вершинах правильных шестиугольников. Необходимо отметить, что нанотрубки характеризуются значительным разнообразием форм: большие и маленькие, однослойные и многослойные, прямые и спиральные, уникальной прочностью.

При этом, проведенные исследования показали, что нанотрубки обладают довольно уникальными механическими свойствами (табл.1).

Таблица 1.

Физико-механические характеристики углеродных нанотрубок.

Модуль упругости	1000-1400 ГПа
Предел прочности на разрыв	30-100 ГПа
Теплопроводность вдоль трубки	6000-7000 Вт/(м · К)
Электросопротивление при 300 К	$10^{-43} \cdot 10^{-5}$ Ом·см
Максимальная пропускаемая плотность тока	$10^7 - 10^9$ А/см ²
Удельная поверхность открытых нанотрубок	более 1000 м ² /г

Также обнаружено, что 2х слойную углеродную нанотрубку можно использовать в качестве цилиндрического подшипника на уровне нано: если внешнюю часть такой трубки заставить вращаться, а внутреннюю часть оставить неподвижной, то можно получить подшипник скольжения, в котором силы трения довольно слабые, т.к. поверхность скольжения является атомно-гладкой.

Третья глава посвящена разработке механизма образования и перемещения быстрых и протяженных оползней на основе влияния наночастиц. Предложена новая типизация оползней, обоснованы их триггерные механизмы воздействия на возникновение этих оползней.

Детальный анализ литературных источников и произошедших в мире оползней показал, что основной причиной образования оползней обычно является нарушение сложившегося равновесия между сдвигающей силой тяжести (обусловленной гравитацией) и удерживающими силами (трения). Как правило, оно вызывается:

- увеличением крутизны оползнеопасного склона (в результате его подмыва водой);
- ослаблением прочности массива горных пород (геомассы), происходящее при выветривании или переувлажнении длительными атмосферными осадками и подземными водами;
- воздействием сейсмических толчков;
- строительной и иной хозяйственной деятельностью человека.

По мощности оползневого процесса, т.е. вовлечению в движение масс горных пород, оползни делятся на: малые – до 10 тыс. м³, средние – 10-100 тыс.м³, крупные – 100-1000 тыс.м³, а также очень крупные – свыше 1000 тыс.м³. (рисунок 3)

По происхождению пород, слагающие оползнеопасные склоны, оползни можно разделить на глинистые, каменистые и смешанные. При этом, практика показывает, что оползни в глинистых породах развиваются гораздо чаще, чем в каменистых. Это связано с

прочностными характеристиками пород, их деформационными и реологическими свойствами.

При этом, предложенная новая типизация (рисунок 3) оползней разделяет их на три крупных вида.

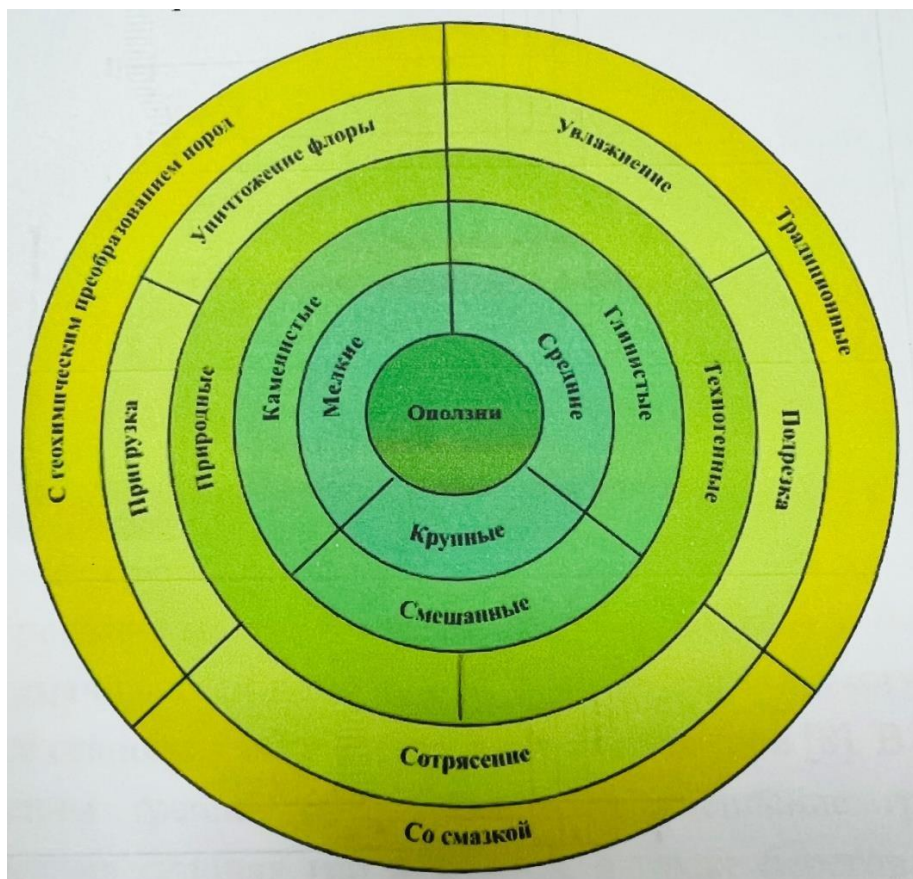


Рисунок 3 Типизация оползней.

Предложенная новая типизация оползней (рисунок 3) которая позволила разделить их на 3 крупных вида: традиционные, со смазкой и с геохимическим преобразованием пород. По причине возникновения можно разделить на природные и техногенные. При этом большую роль играет и хозяйственная деятельность человека: подрезка, пригрузка, увлажнение склона, уничтожение флоры и сотрясение склона, включая землетрясения.

В работе обоснован механизм триггерного воздействия на возникновение оползней, обусловленное некоторой потерей устойчивости из-за механического разрушения геомассы на крутых склонах сотрясательным воздействием со стороны сильных землетрясений или техногенных источников вибрации (например, массовых взрывов, работы мощной техники и т.д.). При этом, вибрация от землетрясения, из-за потери эффективного напряжения может вызвать разжижение мелкозернистых отложений с однородным гранулометрическим составом. Землетрясения также могут увеличивать напряжения

сдвига на склоне, снижая коэффициент безопасности до уровня ниже единицы. Причем, волны от землетрясений проходя через геомассив, создают ускорения, которые изменяют гравитационные силы на склоне. Вертикальные ускорения последовательно изменяют нагрузку на склон, а горизонтальные ускорения вызывают силу сдвига из-за инерции оползня.

Анализ произошедших в мире оползней показывает также, что еще одним триггером на возникновения может служить сильный и продолжительный дождь, который подводит воду к контактному слою, создавая поверхности скольжения в его днище. Это движение происходит по поверхности скольжения, которая обычно представляет собой пластичный потолок из слоя ила и глины. При этом, оползни, спровоцированные дождями, в основном вызваны условиями, которые способствуют внезапному увеличению давления воды в порах и перекрытию почвы, т.к. увеличение содержания воды в почвах существенно снижает общую устойчивость склона. И когда влажность превышает существующие пределы пластичности, то горный склон начинает деформироваться.

При этом выделен еще один дополнительный механизм проявления триггерного эффекта после сильных и продолжительных дождей при возникновении катастрофических оползней в котором основной причиной возникновения этого процесса является разжижение (как геомассы будущего оползня, так и подстилающих грунтов, и пород) дождевыми осадками.

В диссертационной работе представлена новая интерпретация роли глин в перемещении геомассы оползня. Глина – это разновидность мелкозернистого почвенного материала, содержащего разнообразные глинистые материалы. Как правило, глины становятся пластичными во влажном состоянии из-за молекулярной пленки воды, окружающей частицы глины.

Роль глин в передвижении горной массы оползня изучались многими исследователями, но лишь с развитием электронной техники визуализации нанообъектов появилась возможность исследовать глины, как объекты, состоящие из нанослоев и сложенные наночастицами. Детализирована структура глин на наноуровне. Дана сводка физико-химических свойств наночастиц глины, таких как наноформы, удельная площадь поверхности, дзета-потенциал.

Показано, что нанотрубки галлуазита обладают такими уникальными физическими, химическими свойствами, которые присутствуя в горной массе образуют наносодержащий слой, обеспечивающий передающую и пропускную способность или проскальзывание горной массы оползня, т.к. определяет качественное и количественное значение трения, а также преобразование вектора сил между сильным и прерывистым трением и плавным

скольжением. При этом, из-за своей относительно большой плотности и значительной площади поверхности слоя наноразмерных частиц вызывает физико-химическую активацию, что оказывает существенное воздействие на перемещение горной массы оползня. При этом необходимо отметить, что нанотрубки природного галлуазита, как правило, имеют высокое содержание воды из-за наличия единичных слоев, разделенных молекулами воды, а также металлических частиц (рис.4)

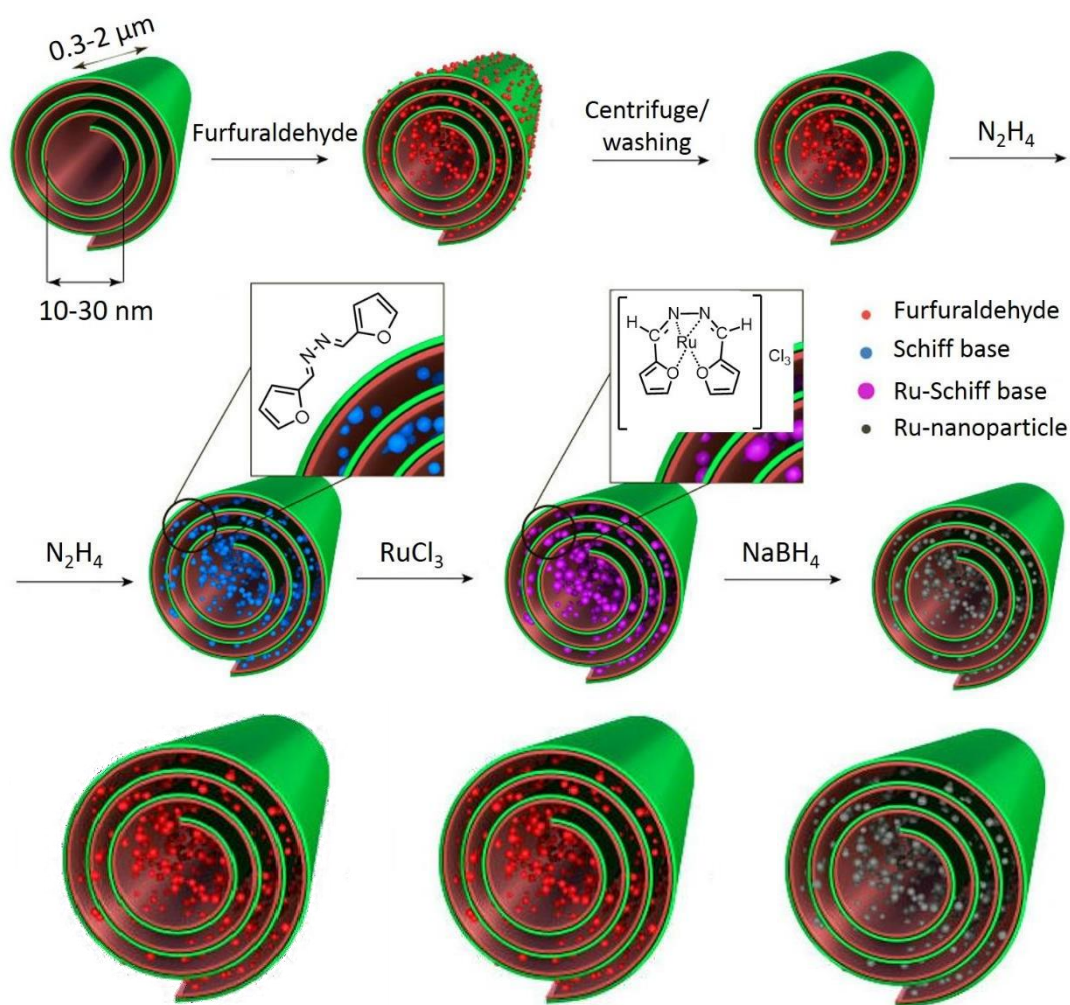


Рисунок 4. Галлузитовые нанотрубки с различным магнитным наполнением.

В диссертации обоснован новый механизм быстрого перемещения геомассы оползней, связанный с наночастицами глины и, прежде всего, галлуазита, выполняющих роль эффективной смазки на поверхностях скольжения. При этом данный механизм заключается в участии наночастиц нижнего слоя перемещающегося оползня в качестве природных наноподшипников. При этом, галлуазит является членом семейства каолиновых алюмосиликатов, но, в то время как наночастицы каолинита имеют пластинчатую форму, то наночастицы галлуазита представляют собой нанотрубки (имеющими длину 0,5-2 мкм

и внешний диаметр около 200 нм, с диаметром просвета 10-15 нм), в которых листы алюмосиликата свернуты в спираль (рисунок 5). Обычно оболочки галлуазитовых трубок включают 15-20 слоев.

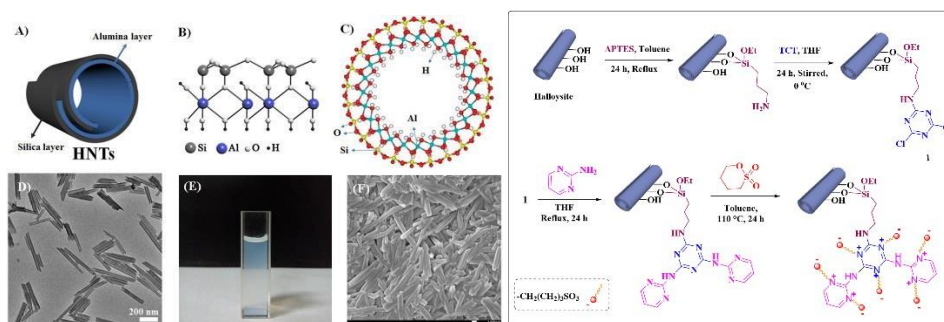


Рисунок 5. Схема строения галлуазитовой нанотрубки.

Кроме того, галлуазиты, в зависимости от условий кристаллизации и геологического строения, могут иметь и другую морфологию (такую, как, например, сфероидальная или дисковая). (рисунок 6).

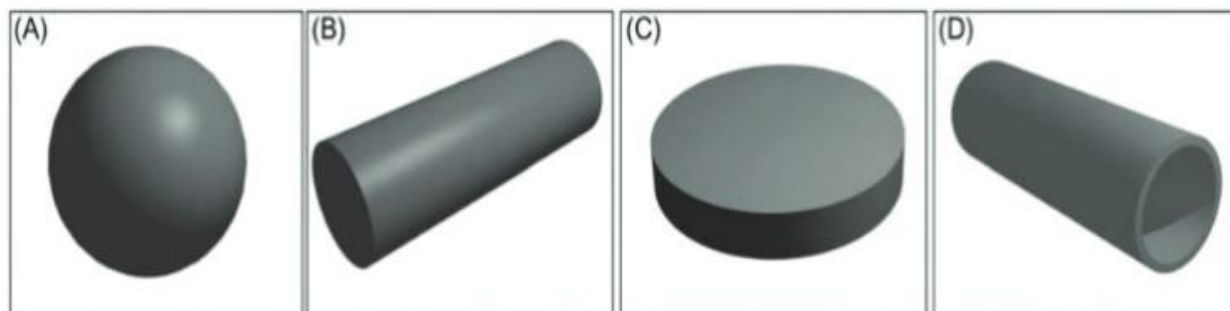


Рисунок 6. Геоморфология глинистых наночастиц:

а) однородная сфера; б) однородный цилиндр; в) однородный диск; г) полый цилиндр

Выводы

В диссертации дано новое решение актуальной научно-технической задачи – установление особенностей возникновения и перемещения протяженных глинистых оползней на основе влияния наночастиц.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем.

1. На основе анализа, произошедших в мире быстрых и протяженных оползней установлено, что до сих пор нет единого мнения о их возникновении и передвижении геомассы на дальние расстояния.

2. Определены физико-химические свойства наночастиц и нанотрубок. Исследования показали, что нанотрубки обладают уникальными высокими механическими свойствами, а 2-х слойную углеродную нанотрубку можно использовать в качестве цилиндрического подшипника на уровне нано-: если внешнюю часть такой трубки заставить вращаться, а внутреннюю часть оставить неподвижной, то можно получить подшипник скольжения, в котором силы трения очень слабые т.к. поверхность скольжения является атомно гладкой.

3. Представлена, новая интерпретация роли глин в перемещении геомассы оползня. Детализирована структура глин на наноуровне. Дана сводка физико-химических свойств наночастиц глины, таких как наноформы, удельная площадь поверхности, дзета-потенциал.

4. Выявлено что нанотрубки галлуазита обладают такими физическими, химическими свойствами, которые присутствуя в горной массе образуют наносодержащий слой, обеспечивающий передающую и пропускную способность или проскальзывание горной массы оползня, т.к. определяет качественное и количественное значение трения, а также преобразование вектора сил между сильным и прерывистым трением и плавным скольжением. При этом, из-за своей относительно большой плотности и значительной площади поверхности слои наноразмерных частиц вызывает физико-химическую активацию, что оказывает существенное воздействие на перемещение горной массы оползня.

5. Установлен механизм триггерного воздействия на возникновение оползней, обусловленное некоторой потерей устойчивости из-за механического разрушения геомассы на крутых склонах сотрясательным воздействием со стороны сильных землетрясений или техногенных источников вибрации, которые из-за потери эффективного напряжения могут вызвать разжижение мелкозернистых отложений с однородным гранулометрическим составом.

6. Обоснован новый механизм быстрого перемещения геомассы оползней, связанный с наночастицами глин и, прежде всего, галлуазита, выполняющих роль эффективной смазки на поверхностях скольжения.

7. Внедрение результатов. Результаты диссертационной работы используются в практике работы Инженерной академии наук Кыргызской Республики при исследовании и прогнозе быстрых протяженных глинистых оползней на оползнеопасных регионах Кыргызской Республики.

Список опубликованных работ по теме диссертации.

1. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Оползни северного Тянь-Шаня. Современные проблемы механики. 2021. № 46 (4). С. 25-31.
2. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Исследование быстрых и протяженных глинистых оползней. Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2022. № 2. С. 32-41.
3. Vorobyov A.E., Hovhannisyan A.H., Kozhogulova G.K. Identifying the main features of landslide movement and developing the basic mechanisms. Proceedings of National Polytechnic University of Armenia. Metallurgy, Material science, Mining Engineering. 2022. № 1. С. 97-109.
4. А.Е.Воробьев, Г.К.Кожогулова. Классификация оползней в районах добычи полезных ископаемых. // Актуальные вопросы геологии, инновационные методы прогнозирования, добычи и технологии обогащения полезных ископаемых, 2022, с. 177-180.
5. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Триггерные механизмы воздействия на оползни. В сборнике: // Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России. Сборник трудов XIII Всероссийской Школы-семинара, молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников. Ростов-на-Дону –Таганрог, 2022. С. 470-476.
6. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Выявление базовых механизмов и основных особенностей передвижения геомассы оползней. // Горный вестник Узбекистана. 2022. № 3 (90). С. 20-26.
7. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Типизация оползней. //в сборнике: инновационные перспективы Донбасса. Материалы 8-й Международной научно-практической конференции. Донецк, 2022. с. 26-33.
8. Воробьев А.Е., Корчевский А.Н., Кожогулова Г.К. Выявление механизмов и основных особенностей передвижения оползней. // Проблемы горного давления. 2022. № 1-2 (42-43). С. 175-189.
9. Воробьев А.Е., Кожогулова Г.К. Современные методики и технологии поиска научной литературы. // Современные проблемы механики, № 48 (2) Бишкек, 2023 с. 83-94.
10. Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Чжан Л.Ц., Кожогулова Г.К. Методология и лабораторные методы исследования физико-химических свойств наночастиц. // Учебно-методический комплекс по дисциплине "Методы изучения минералов, руд и горных пород" - М. Изд-во "Спутник+", 2023 36 с.
11. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Хаджиев А.А., Кожогулова Г.К. Электронные и физико-химические свойства нанотрубок. //в сборнике: Наука, Общество, Технологии: Проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире.

- Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. г. Петрозаводск, 2023. С. 41-46.
12. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Хаджиев А.А., Кожоголова Г.К. Электронные и физико-химические свойства наноалмазов. //в сборнике: Наука, Общество, Технологии: Проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. г. Петрозаводск, 2023. С. 29-34.
 13. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Хаджиев А.А., Кожоголова Г.К. Электронные и физико-химические свойства фуллеренов. //в сборнике: Наука, Общество, Технологии: Проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. г. Петрозаводск, 2023. С. 35-40.
 14. Воробьев А.Е., Чжан Л., Хань Ци., Кожоголова Г.К. Свойства и генерация коллоидных наночастиц оксида железа. //в сборнике: Новые вызовы - Новые исследования. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. г. Петрозаводск, 2023. С. 82-86.
 15. Воробьев А.Е., Кожоголова Г.К. Новая интерпретация роли глин в перемещении геомассы оползня. // Современные проблемы механики, №51 (1) с.56-68. 2023 Бишкек,
 16. Воробьев А.Е., Мартин З.Т., Хаджиев А., Кожоголова Г.К. Методология исследования прочности вмещающих горных пород. // Современные тенденции и инновации в науке и производстве. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Междуреченск, 2023. С. 118-1 – 118-5.
 17. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Кожоголова Г.К., Удаева М.С.А. Анализ механизмов формирования наночастиц в горной массе. Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15. № 3 (57). С. 581-589.
 18. Воробьев А.Е., Абдурахмонов Г.А., Кожоголова Г.К. Особенности методики полевых исследований. // Известия КГТУ имени И.Раззакова. Вып.3.(67) 2023, с.1570-1575.
 19. Воробьев А.Е., Кожоголова Г.К. Группировка методов исследования оползней. Инженер: научное и периодическое издание Инженерной академии Кыргызской Республики. 2023. № 27. С. 5-13.
 20. Воробьев А.Е., Мадаева М.З., Кожоголова Г.К., Удаева М.С.А. Особенности механизмов формирования наночастиц в горной массе. Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2023. Т. 19. № 4 (34). С. 39-48.
 21. Воробьев А.Е., Чжан Л., Хань Ци., Кожоголова Г.К. Свойства и генерация коллоидных наночастиц оксида железа. В сборнике: Новые Вызовы - Новые Исследования. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. г. Петрозаводск, 2023. С. 82-86.
 22. Воробьев А.Е., Кожоголова Г.К., Возможности и условия формирования наночастиц в горной массе. Горный вестник Узбекистана. 2023, №1(92) с. 71-76.