

На правах рукописи



Пеллинен Вадим Александрович

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ
СРЕДЫ ОСТРОВА ОЛЬХОН**

**25.00.08 – инженерная геология,
мерзлотоведение и грунтоведение**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

Иркутск – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

Научный руководитель: **Козырева Елена Александровна**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
заведующий лаборатории инженерной геологии и
геоэкологии

Официальные оппоненты: **Квашук Сергей Владимирович**

доктор геолого-минералогических наук, доцент,
профессор кафедры «Мосты, тоннели и подземные
сооружения» ФГБОУ ВО «Дальневосточный
государственный университет путей сообщения»
(г. Хабаровск)

Опекунова Марина Юрьевна

кандидат географических наук, старший научный
сотрудник лаборатории геоморфологии ФГБУН
Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
(г. Иркутск)

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»

Защита состоится **25 мая 2018 г. в 14⁰⁰ часов** на заседании диссертационного
совета Д 003.022.01 при ФГБУН Институте земной коры СО РАН по адресу:
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, конференц-зал

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института земной коры СО РАН
и на сайте http://www.crust.irk.ru/newsfull_170.html

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим
направить по указанному адресу ученому секретарю совета кандидату геолого-
минералогических наук В.В. Акуловой

Тел: (3952) 426133, e-mail: akulova@crust.irk.ru

Автореферат разослан « ___ » _____ 2018 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 003.022.01

кандидат геолого-минералогических наук

В.В. Акулова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Сохранение уникальных природных объектов является общемировой задачей, которая прописана в конвенции ЮНЕСКО об охране Всемирного культурного и природного наследия.

Исследуемый район административно входит в состав Ольхонского района Иркутской области и расположен в южной части его площади. Остров Ольхон — самый крупный остров оз. Байкала — расположен в средней его части и является объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО (рисунок 1). Северо-западное побережье острова омывается водами пролива Малое море, юго-восточное взаимодействует с основной акваторией Байкала. Длина береговой линии около 225 км. Район исследования сложен различными в литологическом отношении породами, представлен разнообразной морфологией склонов и характеризуется климатическими, инженерно-геологическими, структурно-тектоническими условиями, определяющими современное состояние геологической среды. Учет всех этих условий необходим при грамотном территориальном планировании, ведении хозяйственной деятельности, строительстве инфраструктуры.

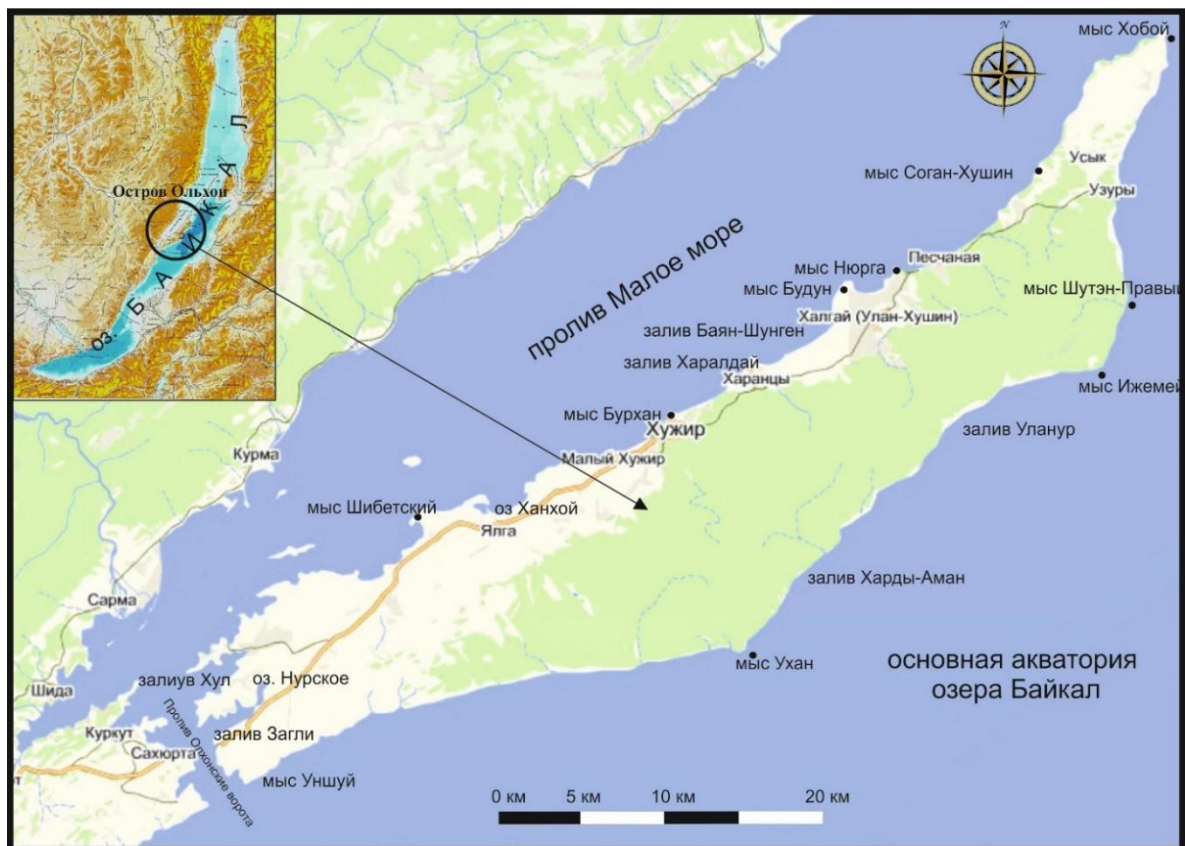


Рисунок 1. Обзорная карта района исследования.

Остров Ольхон является развивающейся в туристско-рекреационном отношении территорией Иркутской области. В последние годы потребность выявления особенностей состояния геологической среды и допустимых нагрузок на геологическое пространство без ущерба для ее компонентов, требует детального исследования. Оценка устойчивости геологической среды является актуальной темой исследований, направленных на изучение современного состояния, выявления степени устойчивости территории о. Ольхон к техногенным воздействиям для разработки основ рационального природопользования.

Степень разработанности темы

Первые краткие сведения по изучению геологии острова приведены в работах И.Г. Георги (1755), Н.А. Щукина и Н. Риттера (1879), И.Д. Черского (1880) и В.А. Обручева (1890). После длительного перерыва, в 1921–1922 гг., в районе побывал Б.И. Артемьев, которым было изучено геологическое и геоморфологическое строение западного Прибайкалья. Сделанные им выводы во многом совпали с мнениями И.Д. Черского и В.А. Обручева. Детальное исследование геологического пространства объекта было начато в 1948 г. и направлено на изучение геологического строения, уточнение геологических границ, ярусов и отделов, проведение поисково-разведочных работ по обнаружению новых месторождений марганца, титана, ильменита и рутила и построение геологических карт.

Изучением геологических основ комплексного освоения Прибайкалья занимался коллектив Института земной коры СО АН СССР под руководством В.Г. Беличенко. Одним из результатов этих работ стала монография «Инженерная геология Прибайкалья» изданная в 1968 г. под редакцией Г.Б. Пальшина, в которой Ольхон представлен как один из ключевых объектов инженерно-геологических исследований. В монографии приведена инженерно-геологическая характеристика комплексов горных пород, описаны процессы и формы их проявления, выполнено инженерно-геологическое районирование территории Прибайкалья и представлена карта масштаба 1:1 500 000.

Отдельные сведения по инженерной геологии острова обобщаются в ряде статей, а также книгах и сводных отчетах следующих авторов: Т.П. Вологодского (1962), В.П. Солоненко (1962), Р.Ф. Иваниловой (1968), Б.Ф. Лута (1964), О.В. Павлова (1965), О.Л. Рыбака (1967), Ф.Н. Лещикова (1975), А.В. Пинегина (1975), Т.Г. Рященко (1992). Исследования по изучению гравитационных процессов, динамики экзогенных геологических процессов выполнены Ю.Б. Тржицинским (2007), Ф.Н. Лещиковым (1984), Н.И. Демьянович (1980), В.К. Лапердиным (2010), Е.А. Козыревой (2007), А.А. Рыбченко (2011). Анализ состава и механизма формирования эоловых отложений приведен в работах Т. Szczyrek и В.А. Снытко (2001, 2011), Б.П. Агафонова и Н.И. Акулова (2001). Работы по изучению рельефа острова и его гидрогеологических особенностей связаны с исследованиями А.С. Кульчицкого (1963), А.Б. Котова (2004), Н.А. Логачева (1964), Г.Ф. Уфимцева (2009), Б.М. Шенькмана (2009), Д.В. Лопатина (2015), Т.М. Сковитиной (2009, 2015).

В настоящее время проводимые исследования и изыскательские работы на острове носят точечный и разрозненный характер, подчиненный узконаправленным задачам.

Цель исследований

Целью данной диссертационной работы является комплексный анализ и оценка природно-техногенных компонентов, определяющих устойчивость геологической среды территорий о. Ольхон.

Задачи исследования:

- установить роль природно-техногенных компонентов, определяющих устойчивость геологической среды;
- получить новую информацию о современном состоянии и особенностях формирования береговой зоны о. Ольхон и детализировать ее на основе учета экзогеодинамической обстановки побережья, выделив подтипы в абразионных и аккумулятивных генетических типах берега;
- оконтурить и установить значение площади развития современных экзогенных геологических процессов (ЭГП);
- определить вклад физико-механических свойств неогеновых глин в формирование оползневых деформаций на западном побережье о. Ольхон;
- выполнить оценку устойчивости геологической среды о. Ольхон на основе комплексного анализа ее геолого-морфологических компонентов, характера развития экзогенных геологических процессов и техногенных воздействий.

Научная новизна:

- получена информация о современном состоянии береговой зоны, установлена протяженность основных генетических типов берегов, выделены их подтипы с учетом развития современных экзогенных геологических процессов;
- изучены особенности состава и физико-механических свойств неогеновых глин о. Ольхон. Получены показатели состава и свойств глин, влияющие на устойчивость берегового склона и динамику оползневых смещений;
- определен набор геологических и геоморфологических компонентов в совокупности с экзогенными геологическими процессами и техногенными нагрузками, которые предопределяют степень устойчивости геологической среды на локальном уровне;
- выполнена оценка устойчивости геологической среды с выделением территорий высокой, средней и низкой степени устойчивости.

Практическая значимость

Полученные результаты позволили выполнить комплексную оценку устойчивости геологической среды на локальном уровне. Разработанный алгоритм может быть использован для определения допустимых нагрузок при туристско-рекреационном или ином виде использования территории.

Теоретическая значимость

Полученные данные о современном состоянии геологической среды о. Ольхон могут быть использованы в различных исследованиях, направленных на

выявление природных опасностей и рисков и востребованы в смежных научных отраслях, как основа для детализации дополнения знаний наук о Земле.

Методы и методология исследований

Для решения поставленных задач применялись теоретические, экспериментальные, лабораторные и полевые исследования.

При детализации аккумулятивных и абразионных берегов использована методика выделения подтипов в зависимости от экзогеодинамической обстановки, предложенная В.П. Зенковичем.

Полевые исследования включали сбор первичных данных с использованием инструментальных измерений: тахеометрической, нивелирной съемок, эхолотирования. На расчистках работы выполнялись с поинтервальным опробованием.

В ходе лабораторных исследований по стандартным методикам определялись основные показатели состава и свойств грунтов. Во время эксперимента использовалась методическая схема [Акулова, 1994], позволяющая оценивать изменение прочностных свойств глинистых грунтов при их увлажнении, а также при динамических (вибрация) воздействиях.

Оценка состояния геологической среды о. Ольхон и построение специализированного картографического материала основаны на принципах, разработанных И.В. Поповым, Г.А. Голодковской, А.И. Шеко, В.М. Литвиным, И.П. Ивановым и Ю.Б. Тржцинским, В.К. Лапердиным, К.Г. Леви и Е.А. Козыревой. Для оценки устойчивости геологической среды острова использован принцип комплексного анализа ее геолого-геоморфологических компонентов: распространения мощности и характера залегания грунтов, обладающих различными физико-химическими и деформационными свойствами; особенности геоморфологического строения территории острова (крутизна склонов, тип рельефа); пораженности территории экзогенными геологическими процессами (плотность распространения процессов).

В работе использованы следующие программные средства: MS Office, SASGIS, QGIS, MapInfo, Surfer, CorelDraw.

Защищаемые положения:

1. Анализ геолого-морфоструктурных особенностей и характера развития экзогенных геологических процессов позволил детализировать строение берегов абразионного и аккумулятивного типа. Выделены абразионно-оползневой, абразионно-обвальный, абразионно-осыпной, абразионно-эоловый и аккумулятивно-биогенный подтипы.

2. Формированию оползней на западном побережье о. Ольхон способствует наличие отложений глинистого состава, обладающих повышенной пластичностью и существенным потенциалом проявления пльвунности при увлажнении.

3. Составленная карта устойчивости геологической среды острова Ольхон отражает взаимодействие природных (морфометрическое строение, характер распространения скальных и дисперсных грунтов, гидрогеологические особенности и пораженность экзогенными геологическими процессами) и техногенных (линейные сооружения, жилая застройка, рекреационно-туристический комплекс, сельскохозяйственные угодья и др.) факторов. Установлено, что наименьшей устойчивостью характеризуется геологическая среда западного побережья, а наиболее устойчивой – центральная часть о. Ольхон.

Степень достоверности и апробация результатов

Работа выполнена на основе фактического материала, полученного автором в результате лабораторных и натурных исследований на острове Ольхон в период с 2007 по 2017 г. Автор являлся исполнителем: государственного контракта Иркутской области № 2014.384750 (2014 г.); проектов РФФИ: № 16-35-00533_мол_а (2016–2017 гг.) и № 16-05-00115_а (2016–2018 гг.). За время учебы в аспирантуре автором успешно пройдены две стажировки в Польше: а именно, в Институте наук о Земле университета им. Марии Кюри-Склодовской, г. Люблин, (апрель – май 2011 г.) и в Силезском университете, г. Катовице, (сентябрь 2012 г.) по специальности «геотехника, геоморфология».

Результаты исследований по защищаемой теме опубликованы автором лично или в соавторстве в 20 работах, из них шесть в журналах, входящих в список ВАК, в том числе две в научную базу Scopus.

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на 17 международных, всероссийских, региональных симпозиумах, конференциях, семинарах, в том числе: Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Геонауки» (Иркутск, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016); Всероссийском совещании и молодежной школе «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе» (Иркутск, 2012, 2016); Международной лимнологической конференции «Антропогенная и природная трансформация озер» (Польша, Познань, 2012); IX Международной школе по наукам о Земле им. проф. Л.Л. Перчука (Украина, Одесса, 2013); Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2013, 2015, 2017); Международной конференции «Сергеевские чтения» (Москва, 2014); XXV Международной береговой конференции «Береговая зона – взгляд в будущее» (Сочи, 2014); Всероссийском совещании «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)» (Иркутск, 2016), VIII Международной Сибирской конференции молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2016); V Международной конференции молодых ученых и специалистов памяти ак. А.П. Карпинского (Санкт-Петербург, 2017).

Благодарности

Автор искренне благодарен за постоянное внимание, обсуждение работы и всестороннюю поддержку научному руководителю кандидату геол.-мин. наук, доценту Е.А. Козыревой. Автор глубоко признателен идейному вдохновителю темы диссертации доктору геол.-мин. наук, профессору Ю.Б.Тржцинскому. Огромную помощь в написании работы и проведении эксперимента оказала кандидат геол.-мин. наук В.В. Акулова. Отдельную признательность автор выражает коллективу лаборатории инженерной геологии и геоэкологии за помощь в экспедиционных работах, сборе и обработке материалов. Признателен А.В. Коптевой и кандидату геол.-мин. наук Т.Ю. Черкашиной за помощь в оформлении работы. Доброжелательное отношение и ценные советы сотрудников других подразделений ИЗК СО РАН, учреждений РАН, а также отдельных зарубежных организаций содействовали написанию работы, за что всем большое спасибо.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения общим объемом 136 страниц печатного текста, включающего 43 рисунка, 12 таблиц. Список использованной литературы представлен 145 наименованиями.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Актуальность оценки устойчивости территории острова Ольхон

В первой главе подробно рассмотрена актуальность оценки устойчивости геологической среды и основные принципы исследования. В работе используется определение, сформулированное В.Т. Трофимовым (1994), который устойчивость ГС понимает как ее способность под влиянием техногенного воздействия определенного типа и интенсивности сохранять неизменным состав, структуру и состояние или изменять их в таких пределах, которые не приводят к вредным геоэкологическим последствиям. Данная формулировка дает четкое представление о том, что устойчивость определяется, с одной стороны, составом, структурой и состоянием геологической среды, с другой – типом и интенсивностью техногенного воздействия [Трофимов, 1994; Голодковская, Елисеев, 1989; Гордеева и др., 1989; Бондарик, 1984, 2008; Куприянов, 1983]. Также в главе приводится обзор изучения геологического пространства о. Ольхон за последние 150 лет.

Глава 2. Компоненты состояния геологической среды острова Ольхон

Климатические условия о. Ольхон характеризуются четко выраженной сменой систем циркуляции атмосферы в теплый и холодный периоды, а также повышенными притоками солнечной радиации к деятельной поверхности. Среднегодовое количество осадков на о. Ольхон составляет не более 300 мм, из них 30 % – доля твердых, которые выдуваются сильными ветрами. Средняя многолетняя температура воздуха за год в разных частях острова варьируется от –1.4 до –2.2 °С. Температурные колебания грунтовых толщ изменяются от + 12 до –13°С. Ветровой режим имеет свои особенности и влияет в различные времена года на скорость абразионно-аккумулятивных процессов. Зимой и осенью преобладают ветра северо-

№ слоя п/п	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Мощность, м	Абс. отметка подошвы слоя	Литологич. разрез	Глубина отбора образцов	Наименование грунта
		От	До					
1		0,0	25,0	25,0			20	Пески
2		25,0	30,0	5,0				Гравий с песчаным заполнителем
3		30,0	30,5	0,5				Палеопочва
4		30,5	32,5	2,0				Пески
5		32,5	37,5	5,0				Лессовидные суглинки
6		37,5	42,5	5,0				Глины
7		42,5	47,5	5,0				Алевриты и алевриты, Мп
8		47,5	67,5	20,0			60	Пески
9		67,5	82,5	15,0			80	Глины, алевриты и алевриты
10		82,5	102,5	20,0			100	Пески
							120	Глины, алевриты и алевриты
11		102,5	142,5	40,0			140	
							160	
							180	Глины, алевриты и алевриты, Fe, Mn
12		142,5	197,5	55,0			200	
							220	Глины с включением гравия
13		197,5	227,5	30,0			240	Кора выветривания
14		227,5	237,5	10,0			260	Граниты
15		237,5	272,0	34,5				

Рисунок 2. Геолого-литологическая колонка кайнозойских отложений острова Ольхон, построенная с использованием данных В.Д. Маца (2010), А.С. Кульчицкого (1959), В.И. Устинова (1965), Т.Г. Рященко (1992).

устойчивости грунтов, являющихся средой развития ЭГП.

Структурно-геоморфологические условия развития Ольхонского блока, асимметрия и ярусное строение, способствуют формированию определенной конфигурации поверхности склонов берега и предопределяют устойчивость ГС территории. Наиболее уязвимо к природно-техногенным или техногенным

западного направления, летом и весной доминируют ветра северо-восточного направления, которые формируют шторма с высотой нагонных волн, превышающей 2 м. В геологическом отношении территория о. Ольхон сложена, главным образом, *классом природных скальных грунтов*, объединяющих интрузивную и магматическую *формацию раннепалеозойского возраста*, и *классом природных дисперсных грунтов*, представленных нормально осадочными отложениями неоген-четвертичного возраста и отложениями коры выветривания мел-палеогенового возраста.

По гидрогеологическому строению на острове выделяются шесть водоносных горизонтов, распространенных как в скальных, так и дисперсных грунтах. Подземные воды, как компонент геологической среды, способствуют развитию на острове ряда современных экзогенных геологических процессов (ЭГП). Воды техногенного генезиса проявляются в виде подтопления пониженных участков освоенной территории.

Многолетнемерзлые породы на острове локальны и влияют на устойчивость геологической среды в основном в местах проявления криогенных процессов, ведущих к изменению физических показателей

воздействиям западное побережье, где крутизна склонов составляет менее 35° и благоприятна для организации инфраструктуры.

Глава 3. Внешние факторы воздействия на геологическую среду острова Ольхон

В настоящее время можно выделить два вида антропогенного воздействия на геологическую среду о. Ольхон – *природно-техногенное*, вызванное созданием Иркутской ГЭС и регулированием уровня оз. Байкал, и *прямое туристско-рекреационное*, связанное с ростом туристического потока и, как следствие, расширением инфраструктуры.

Каждый вид воздействия характеризуется развитием и активизацией ЭГП на острове. В результате *природно-техногенного воздействия* активизировались береговые процессы, связанные с переформированием береговой зоны и образованием нового профиля равновесия склона. В первый период эксплуатации ГЭС, в береговой зоне озера, усилилась абразия и развитие ЭГП. Отмечалось заболачивание отдельных низменных участков, переработка береговых склонов привела к разрушению причальных сооружений. В последние годы наблюдение за развитием побережья выявило, что при колебании уровня озера в пределах метра выявлена некоторая стабилизация развития ЭГП и плавная перестройка профиля берегового склона. Однако увеличение интервала колебания уровня воды, особенно его стояние на низких отметках, приводит к переформированию подводного профиля береговой зоны, а также изменению его надводной части.

Совокупность инженерно-геологических условий определила развитие структурно-абразионных и абразионных типов, протяженность которых достигает 217.8 км, что составляет более 90 % от всей длины береговой линии. Доля современных аккумулятивных берегов составляет более 3 % от протяженности всего ольхонского побережья. Для берегов о. Ольхон установлено, что протяженность берега структурно-абразионного типа составляет 93.6 км, абразионного типа – 124.2 км, аккумулятивного типа – 7.2 км (рисунок 3).

Абразионный тип берега имеет протяженность 124.2 км. Береговой уступ осложняют неглубокие оползни, крип, солифлюкционные смещения, осыпи и обвалы. Крутизна берегов данного типа составляет от 8 до 70°. Ширина пляжа зависит от литологических и структурно-тектонических условий побережья. В зависимости от механизма деформаций и проявления ЭГП в пределах абразионного типа берега выделяются несколько подтипов.

Абразионно-оползневой подтип берега общей протяженностью 11.3 км, главным образом, распространен в северо-западной части острова. Береговые склоны осложнены оползнями пластического типа, смещение которых происходит по кругло-цилиндрической или наклонной поверхностям скольжения в рыхлых отложениях, представленных глинами, песками, суглинками различного генезиса. Оползни, деформируя берега, образуют специфические формы: цирки, потоки, гряды, террасы. Инженерно-геологические исследования и наблюдения за

солифлюкционными оползнями на участке Харалдай показали, что в современных условиях склон находится в активной стадии развития [Козырева и др., 2011].

Абразионно-осыпной подтип берега общей протяженностью 47.3 км формируется на склонах, сложенных разными по генезису рыхлыми отложениями. Размыву подвержены две группы грунтов, различающихся по генезису. Первая группа – это аллювиально-озерные и делювиальные отложения, представленные глинами, суглинками, супесями, песками. Вторая – склоновые четвертичные делювиальные отложения, представленные дресвой, щебнем, супесью, мощность которых увеличивается к подножию склона. Уклоны склона колеблются от 8 до 45°, высота уступов не превышает 10 м на протяжении всей береговой линии острова. Механизм развития берега у обеих групп одинаковый – осыпание уступов, происходящее почти одновременно с абразионным подмывом их основания. Такие берега встречаются в заливах северо-западного и юго-восточного побережья: бухты Харалдай и Уланур [Козырева, Пеллинен и др., 2014].

Абразионно-обвальный подтип общей протяженностью 15.8 км приурочен к таким мысам, как Ухан, Хаара-Хушун, а также встречается в южной и северной частях острова. Уклоны склона от 40° и более обусловлены плоскостями напластования коренных горных пород, участвующих в геологическом строении ольхонского массива. Ведущая роль в подготовке процесса обрушения горной породы принадлежит морозному и температурному выветриванию. Обвальный материал перерабатывается в валунно-глыбовые отложения с небольшим количеством гальки, слагает пляж и прибрежное мелководье до глубин 2–5 м [Рогозин, 1993]. Дополнительное внешнее воздействие или сейсмическое событие, смещение крупно-раздробленного материала в пределах локальных исследуемых участков создает один из видов природной опасности [Козырева, Пеллинен, и др., 2014].

На *абразионно-эоловых* берегах ветер переносит песчаный материал с абразионного уступа вглубь суши и переотлагает его в виде эоловых скоплений песка: дюн, гряд, холмов. Общая протяженность подтипа берега составляет 9 км и развивается в четвертичных отложениях. Такие берега распространены на западном побережье о. Ольхон. В ходе ежегодных обследований берега отмечено, что в настоящее время произошла стабилизация абразионного процесса в пределах данного подтипа и, как следствие, истощение песчаного субстрата в существующей области осушки, что отразилось на затухании эолового переноса с пляжа на побережье.

Структурно-абразионный тип берега характерен для побережья острова, где выражены геоструктурные элементы: зоны разломов, синклинали и антиклинали складки. Берега представляют собой очень крутые, вертикальные клифы, достигающие высоты 190 м. Этот тип берегов преобладает в основном на восточном берегу острова и частично на западном. Скальные грунты, слагающие склон, претерпели значительные преобразования в земной коре под воздействием давления, температуры и далее под воздействием пликативной и дизъюнктивной

тектоники. Следовательно, геолого-структурная обстановка берегов, представленных метаморфическими и магматическими формациями, определяет формирование клифов такого типа.

Аккумулятивный тип берега встречается довольно редко, в основном в заливах юго-западной части острова, и характеризуется наличием подводных песчаных валов, песчано-галечных кос и пересыпей. В пределах данного типа выделен *аккумулятивно-биогенный подтип* берега. В настоящее время его общая протяженность составляет 4 км. Одним из главных условий формирования этого подтипа является форма заливов, которая защищает горными массивами берег от превалирующих северо-западных ветров и обеспечивает незначительное волнение. Небольшая глубина заливов, составляющая 2–7 м, способствует прогреву воды в летнее время, что благоприятно влияет на рост биомассы и ее накопление в мелководье.

Туристско-рекреационные нагрузки характеризуются, главным образом, освоением территории, что приводит к прямому воздействию на геологическую среду и развитию ЭГП, распространенных на острове, а также к химическому и биологическому загрязнению. Нагрузки от интенсивной туристской деятельности испытывает западное побережье о. Ольхон. Особенно ощутима нагрузка от движения автотранспорта вне официально организованных дорог, инфраструктурных и сельскохозяйственных объектов, приводящая к нарушению растительного покрова, изменению состава и свойств грунтов и гидрогеологических характеристик. Анализ прямых техногенных нагрузок позволил выделить площади с наиболее сильной нагрузкой. Категории плотности техногенного воздействия на прямую влияют на активизацию и развитие ЭГП. [Cherkashina et al., 2017; Пеллинен и др., 2016]

Глава 4. Экзогенные геологические процессы как показатель устойчивости геологической среды острова Ольхон

Проявление ЭГП обусловлено типом геологического строения, морфологией рельефа, состоянием и свойствами грунтов, гидродинамическими параметрами и во многом предопределяется текущей техногенной нагрузкой. На о. Ольхон в целом отмечается проявление таких ЭГП, как выветривание, карст, эрозия, дефляция, гравитационные процессы (рисунок 3).

Важную роль в формировании ЭГП играет крутизна склонов. Особенности формирования склонов отражаются, прежде всего, в их морфологии, то есть во внешних особенностях склонов: крутизне, длине, форме профиля. При оценке устойчивости склона важно учитывать уклон поверхности. Морфометрический анализ рельефа, проведенный для территории о. Ольхон, был выполнен с помощью геоинформационных систем (ГИС) путем построения цифровой модели рельефа. Анализ территории показал, что на острове встречаются склоны с крутизной до 90°. Поверхности с крутизной до 8° занимают 39.6 % территории. Крутые склоны (16–35°) на которых встречается плоскостной делювиальный снос, занимают 26.3 %.

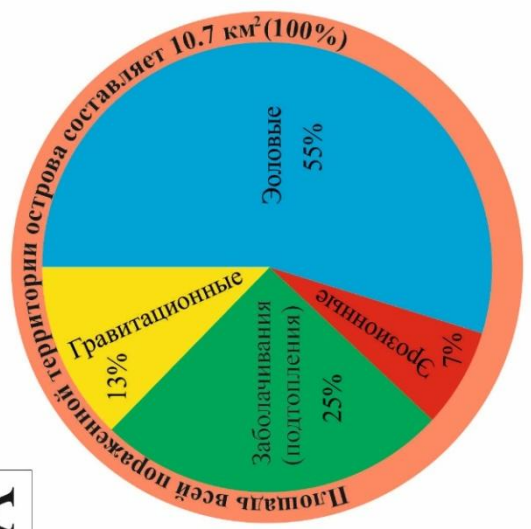
Эти склоны в основном сосредоточены в средней части пади Ташкиней и южной части острова. Обрывистые склоны более 35° сосредоточены в основном в береговой зоне о. Ольхон. Особенно ярко эти склоны представлены вдоль восточного и северной части западного побережья, а также в пределах мысов острова.

Наиболее активными и масштабными по площади проявления являются оползни, распространенные в береговой зоне северо-западного побережья острова. Существующие на о. Ольхон оползневые деформации представлены разными типами с различным механизмом смещений. В мысовых частях заливов встречаются небольшие блочные оползни. Сплывы, мелкие оползни-потоки в основном приурочены к заливам. В бухтах со значительным чехлом неоген-четвертичных отложений формируются более глубокие оползни. Отложения, в которых развиты оползни, относятся к глинам озерного и озерно-болотного генезиса. Всего на острове можно выделить три участка крупных оползневых смещений – это оползневые участки «Сарайский», «Саса» и «Харалгайский».

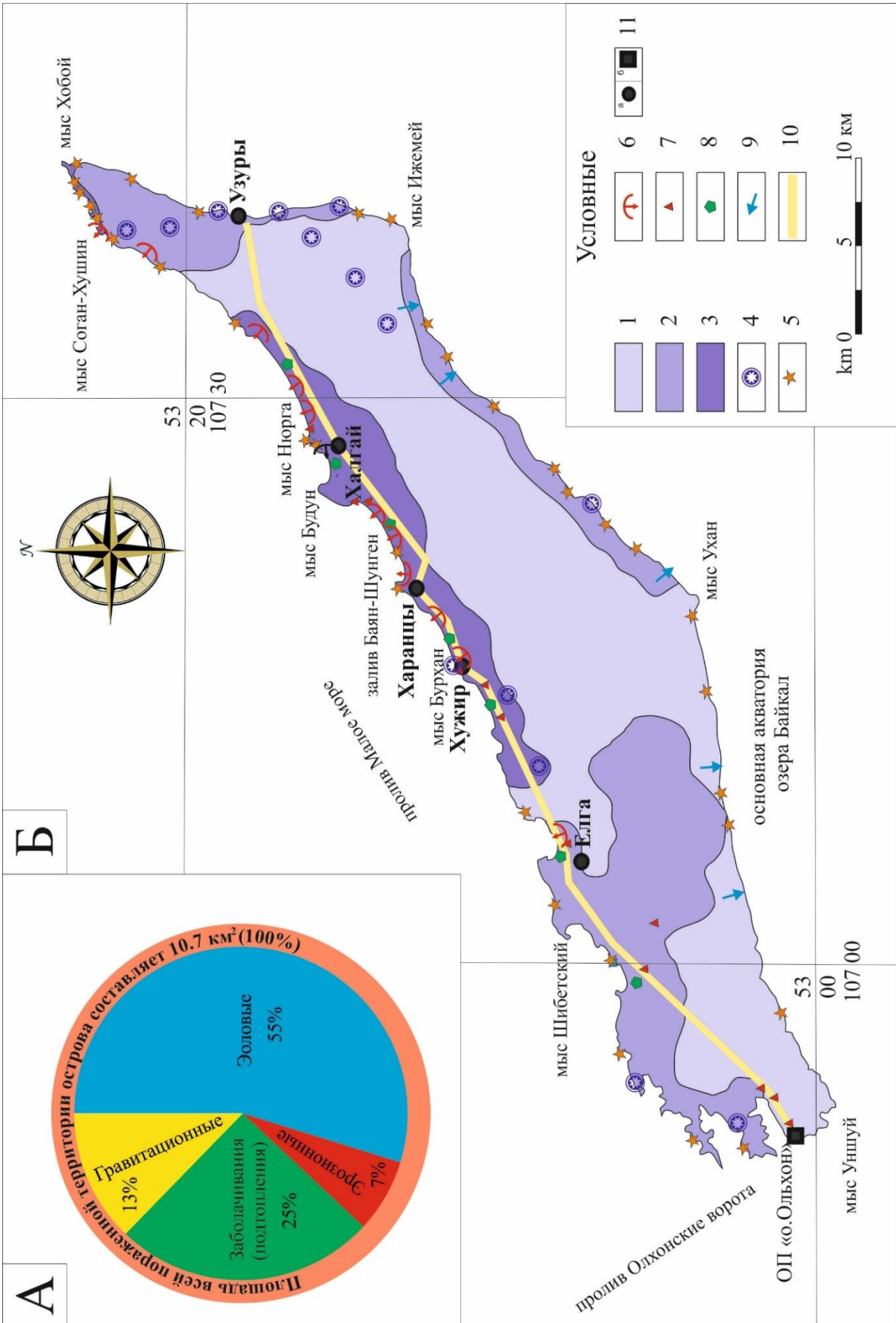
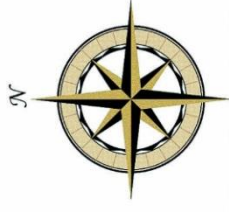
На участке «Харалгайский», который принят в работе как ключевой, территория характеризуется наличием унаследованных солифлюкционных оползней консеквентной структуры, развивающихся в глинах неогенового возраста. Динамика солифлюкционных оползней определялась с помощью дешифрирования аэрофото- и космоснимков. Полевые работы последних 10 лет и анализ современных космоснимков данного участка указывают на незатухающую активность оползневого процесса. Общая протяженность берега, пораженного солифлюкционными оползнями, составляет более 7 км, а их площадь равна $\sim 1.34 \text{ км}^2$ [Пеллинен, 2012; Пеллинен, Козырева, 2015; Хименков и др., 2016].

В процессе исследования состава и свойств неогеновых глинистых отложений была поставлена задача оценки их прочностных параметров, влияющих на устойчивость оползневых склонов. По гранулометрическому составу грунт характеризуется высоким содержанием глинистой и пылеватой фракции. Реальное содержание агрегатов достигает 91.4 %, что свидетельствует о перестройки микроструктуры. Также они являются нормально пластичными, не набухают, проявляют объемную усадку. Отмечается средняя степень карбонатизации, а также нейтральная реакция кислотности среды. Такие показатели свидетельствуют о влиянии геокриологических процессов, связанных с сезонным промерзанием и оттаиванием. Прочностные параметры глин характеризуются пониженной прочностью, разуплотненностью в результате чего происходят смещения, особенно при увеличении естественной влажности. В ходе лабораторного эксперимента, выполненного автором, установлено следующее: особенности глинистых грунтов ненарушенного сложения характеризуются относительно повышенными значениями прочности; процесс увлажнения грунтов сопровождается значительным снижением прочности. Однако при вибрационном воздействии тиксотропное разупрочнение не было установлено. Устойчивость оползневого склона была оценена при помощи расчетного коэффициента для оползней консеквентной структуры. Расчет показал,

А



Б



А – диаграмма, отражающая процентное соотношение, занимаемое определенным ЭГП относительно всей пораженной площади на территории острова Ольхон. **Б** – карта пораженности ЭГП острова Ольхон: *1 – низкая пораженность территории, которой свойственны единичные проявления ЭГП; 2 – территория со средней пораженностью до 10 % проявления ЭГП на элементарной площади; 3 – территория с высокой пораженностью от 10 до 25 % проявления ЭГП на элементарной площади.* **Формы проявления ЭГП:** *4 – карст (воронки, пещеры, гроты, кавернозные массивы); 5 – осыпи, обвалы; 6 – оползни; 7 – эрозионные формы, 8 – золотые поля; 9 – сели.* **Прочие обозначения:** *10 – линейные сооружения (дороги, линии электропередач); 11, а – населенные пункты, в которых находятся туристские базы отдыха, гостиницы; 11, б – остановочный пункт паромной переправы.*

что значения коэффициента устойчивости западного склона на оползневом участке «Харалгайский», при влажности от 13 до 17 %, изменяются от 2.20 до 1.02. Параметры коэффициента свидетельствуют о наличии запаса устойчивости берегового склона. Увеличение влажности снижает коэффициент, что приводит к потере устойчивости грунтов и, как следствие, к смещению оползней в естественных условиях. Однако в ходе эксперимента установлено, что глины имеют способность при вибрационных нагрузках уплотняться. При уплотнении грунтов происходит повышение коэффициента устойчивости до значения 1.07 и, следовательно, приводит к стабилизации склона.

Таким образом, современные оползневые процессы острова несут явные признаки активности и являются одним из показателей, отражающих современное состояние геологической среды о. Ольхон. Наличие в разрезе массива и распространение неогеновых глин обуславливают снижение устойчивости геологической среды побережья Ольхона.

Глава 5. Оценка устойчивости геологической среды острова Ольхон

Способ оценки устойчивости геологической среды о. Ольхон основан на экспертном рассмотрении общей экзогеодинамической обстановки территории. На исследуемой территории проявление ЭГП является результатом реакции ГС на внутренние преобразования и внешние воздействия. Пораженность территории определенными видами ЭГП исчисляется в относительных единицах (проценты, доли), независимо от времени зарождения и степени активности процесса, с учетом методик, разработанных и описанных в работах Ю.Б. Тржцинского (2007), В.М. Литвина (1989), К.Г. Леви (2006) и является важным критерием оценки устойчивости ГС. Чем выше пораженность территории ЭГП, тем более низкая устойчивость ГС.

Оценка общей экзогеодинамической обстановки территории выполнена с помощью методики, разработанной для тех районов, где устойчивость рассматривается как результирующее состояние природных условий и факторов, находящихся под воздействием техногенеза. Экспертный анализ данных и построенные тематические картографические модели характеризуют современное

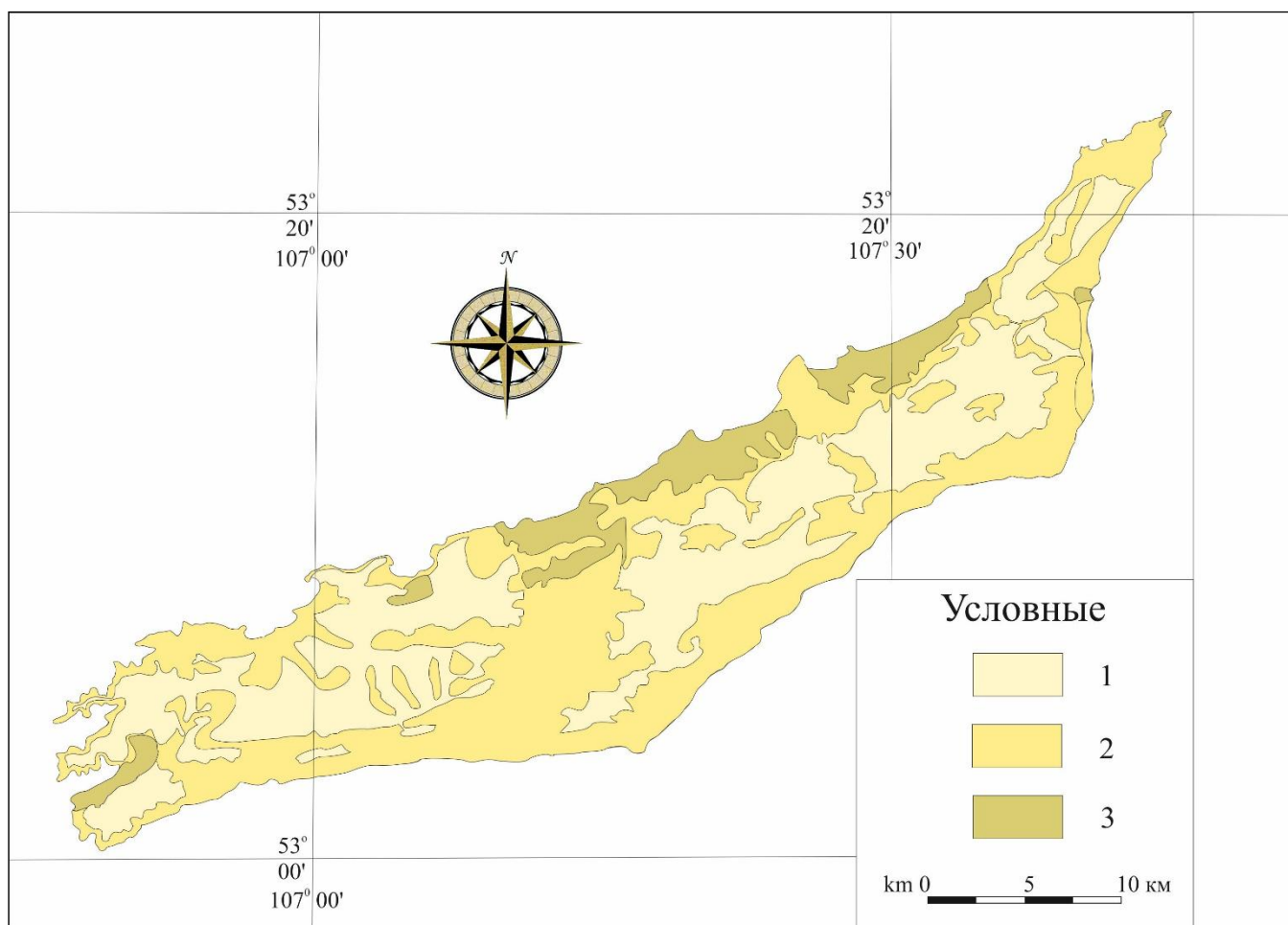


Рисунок 4. Карта устойчивости геологической среды острова Ольхон. Степени устойчивости: 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая.

состояние территории, а также отражают региональные особенности ГС. Алгоритм оценки устойчивости заключается в наложении слоя морфометрического строения, распространения скальных и дисперсных грунтов, пораженности ЭГП, а также прямых техногенных нагрузок и учета гидрогеологических характеристик. В результате составлена карта устойчивости геологической среды острова Ольхон. На карте выделены территории с разной степенью устойчивости, а именно, высокой, средней и низкой.

Заключение

На основе данных, полученных в результате теоретических, лабораторных и экспедиционно-полевых (натурных) работ, выявлено следующее:

1. Состояние геологической среды о. Ольхон определяется комплексом климатических, геологических, гидрогеологических, геокриологических, структурно-тектонических и геоморфологических условий.

2. В пределах береговой зоны определена современная протяженность трех основных типов берега: структурно-абразионного, равного 93.6 км, абразионного – 124.2 км и аккумулятивного – 7.2 км. В зависимости от морфоструктурных

особенностей и развивающихся ЭГП типы берегов были разделены на подтипы и определена их длина: абразионно-оползневой (11.3 км), абразионно-обвальный (15.8 км), абразионно-осыпной (47.3 км), абразионно-эоловый (9 км) и аккумулятивно-биогеогенный (4.5 км).

Распространение ЭГП на исследуемой территории определяется литологическими и геоструктурными особенностями отдельных участков острова, а также климатическими, гидрогеологическими, геокриологическими и геоморфологическими условиями. На территории о. Ольхон выделены такие типы ЭГП, как: абразионно-аккумулятивные, гравитационные, дефляционные, эрозионные процессы, заболачивание и карст. Наибольшую активность проявляют гравитационные (особенно оползневые) и эоловые процессы, особенно в местах распространения рыхлых грунтов. Эрозионные процессы отмечены в пределах береговой зоны и вдоль основной автодороги острова. Развитию современных ЭГП способствует наличие слабых рыхлых грунтов и коры выветривания, которые характеризуются определенными физико-механическими, химическими и деформационно-прочностными свойствами.

3. Средой развития оползневых процессов являются неогеновые глины, с низкими деформационно-прочностными свойствами. Установлено, что при увеличении влажности глин от 17 до 52 % происходит снижение коэффициента их устойчивости с 1.02 до 0.73, обуславливая при этом проявление оползневых деформаций на склоне. Эти свойства, совместно с геокриологическими и климатическими условиями, определяют и контролируют основные механизмы формирования оползневых деформаций на склонах западного побережья о. Ольхон.

4. Выполнена экспертная оценка общей экзогеодинамической обстановки о. Ольхон. При помощи ГИС проведен анализ геолого-морфоструктурных данных и построены различные картографические модели. Комплексный анализ природных компонентов ГС позволил выполнить оценку ее устойчивости на локальном уровне. В результате совокупности и сочетания оцениваемые показатели сформированы и представлены в виде карты и шкалы устойчивости геологической среды.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Центральные издания, входящие в список ВАК

1. **Пеллинен В.А.** Принципы создания классификаций оползней: краткий обзор / В.А. Пеллинен // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 8. – С. 52–55.
2. Козырева Е.А. и др. Солифлюкционные оползни побережья острова Ольхон / Е.А. Козырева, А.А. Рыбченко, Т. Щипек, **В.А. Пеллинен** // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 4(51). – С. 41–49.
3. Козырева Е.А. и др. Типы берегов острова Ольхон на озере Байкал / Е.А. Козырева, **В.А. Пеллинен**, О.А. Мазаева, А.Ш. Хабидов // Геоморфология. – 2015. – № 3. – С. 74–84.
4. Хименков А.Н. и др. Влияние криогенеза на развитие склоновых процессов степных территории Прибайкалья / А.Н. Хименков, А.Н. Власов, Д.О. Сергеев,

Е.А. Козырева, А.А. Рыбченко, **В.А. Пеллинен** // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2015. – № 6. – С. 535–542.

5. Рященко Т.Г., **Пеллинен В.А.** Параметры микроструктуры пещерных глинистых отложений и палеоген-неогеновых глин (сравнительный анализ) / Т.Г. Рященко, В.А. Пеллинен // Отечественная геология. – 2016. – № 1. – С. 53–61.

6. **Пеллинен В.А.** и др. Оценка экологического состояния почвенного покрова о. Ольхон (по экспериментальным данным) / В.А. Пеллинен, Т.Ю. Черкашина, Г.В. Пашкова, М.А. Густайтис, И.С. Журкова, С.И. Штельмах, С.В. Пантеева // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2016. – Т. 16. – С. 79–90.

Издания за рубежом

1. **Pellinen V.A.**, Rzetala M. A, Solarski M., Influence the properties of neogene sediments the emergence of land landslides on the territory of island Olkhon lake Baikal / V.A. Pellinen, M.A. Rzetala, M. Solarski // Z badan nad wplywem antropopresji na srodowisko. – 2012. – Vol. 13. – SOSNOWIEC, Poland, P. 54–57.

2. **Pellinen V.A.**, Kozyrewa E. A., Rzetala M. A. Articular features of the formation of the shore zone on Olkhon island, lake Baikal / V.A. Pellinen, E.A. Kozyrewa, M.A. Rzetala // Anthropogenic and natural transformation of lakes. 2012 Vol. 6, Poznan, Poland. P. 125–130.

3. Cherkashina T. et al. Multielemental analysis of soils in coastal zones of the lake Baikal by X-ray fluorescence and atomic absorption spectrometry: application to ecological and geochemical studies / T. Cherkashina, **V. Pellinen**, E. Fedorova, M. Gustaytis // 17–th Multidisciplinary Scientific GeoConference Ecology, Economics, Education and Legislation, SGEM Conference Proceedings, 2017. Vol.17, Issue 52. – P. 651–658.

Труды конференций и совещаний

1. **Пеллинен В.А.** и др. Геохимические методы исследования для геоэкологической оценки состояния сельскохозяйственных угодий острова Ольхон, Байкал / В.А. Пеллинен, Т.Ю. Черкашина, Г.В. Пашкова, С.В. Пантеева // Тр. IX Всерос. сов. «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту» / ИГ СО РАН. – Иркутск, 2016. – С. 221.

2. **Пеллинен В.А.** Анализ инженерно-геологических условий острова Ольхон озера Байкал / В.А. Пеллинен // Тр. IX междунар. школы по наукам о Земле им. проф. Л.Л. Перчука. – Одесса, Украина, 2013. – С. 137 – 142.

3. **Пеллинен В.А.** Исследование аккумулятивных берегов на примере западного побережья о. Ольхон, Байкал / В.А. Пеллинен // Тр. V Междунар. конф. молодых ученых и специалистов памяти ак. А.П. Карпинского / Минприроды России, Роснедра, ВСЕГЕИ. – Электрон. данные. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2017. – С 897 – 900.

4. **Пеллинен В.А.** Опасные инженерно-геологические процессы береговой зоны о. Ольхон / В.А. Пеллинен // Тр. II Всерос. совещания и молодежной школы «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы:

результаты исследований на количественной основе» / ИГ СО РАН. – Иркутск, – 2012. – С. 113 – 115.

5. **Пеллинен В.А.** Районирование территории острова Ольхон по группам экзогенных геологических процессов / В.А. Пеллинен // Тр. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии «Сергеевские чтения». – М., 2014. – Вып. 16. – С. 319 – 323.

6. **Пеллинен В.А.** Экспериментальные исследования прочностных свойств неоген-четвертичных отложений острова Ольхон / В.А. Пеллинен // Тр. XXV Всерос. молодежной конф. «Строение литосферы и геодинамика». – Иркутск, 2013. – С. 126.

7. **Пеллинен В.А.**, Козырева Е.А. Геоинформационный анализ геолого-морфологических условий острова Ольхон оз. Байкал / В.А. Пеллинен, Е.А. Козырева // Тр. XXVI Всерос. молодежной конф. «Строение литосферы и геодинамика». – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2015. – С. 134 – 136.

8. **Пеллинен В.А.**, Козырева Е.А. Оценка экзогеодинамической опасности рекреационных территорий, остров Ольхон, Байкал / В.А. Пеллинен, Е.А. Козырева // Тр. III Всерос. совещания и молодежной школы «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе» / ИГ СО РАН. – Иркутск, 2016. – С. 244 – 249.

9. **Пеллинен В.А.**, Козырева Е.А. Свойства неогеновых отложений и их влияние на проявление ЭГП: на примере участка Саса о. Ольхон озера Байкал / В.А. Пеллинен, Е.А. Козырева // Тр. IX междунар. Российско-Монгольской конф. по астрономии и геофизике / ИСЗФ СО РАН. – Иркутск, 2011. – С. 33.

10. **Pellinen V.**, et al. Modern ecological-geochemical state of soils, the Olkhon island, the lake Baikal / V. Pellinen, T. Cherkashina, S. Shtel'makh, G. Pashkova, M. Gustaytis, I. Zhurkova // Proc. of the 8-th International Siberian Early Career GeoScientists Conferenc, Novosibirsk, 2016. – P. 357.

11. **Pellinen V.A.**, Kozyrewa E.A., Pzetala M.A. Particular features of the formation of the shore zone on Olkhon island, lake Baikal / V.A Pellinen., E.A. Kozyrewa, M.A. Pzetala // Conferens materials of the International limnological conference, Poznan, Poland, 2012. – P. 82-83.