

На правах рукописи

**Хандуева Вера Дабаевна**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЮЖНОГО  
ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

Специальность 25.00.36. - геоэкология  
(географические науки)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
географических наук

Улан-Удэ - 2007

Работа выполнена в Восточно-Сибирском государственном технологическом университете

Научный руководитель: доктор географических наук, профессор  
**Иметхенов Анатолий Борисович**

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор  
**Викулов Валериан Евгеньевич**

кандидат географических наук, доцент  
**Белюсов Виктор Михайлович**

Ведущая организация: Геологический институт СО РАН

Защита диссертации состоится 29 мая 2007 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д-212.022.06. по присуждению ученой степени доктора географических наук в Бурятском государственном университете по адресу:  
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а;  
факс: (3012)210588;  
e-mail: [ek-geo@bsu.ru](mailto:ek-geo@bsu.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского государственного университета

Автореферат размещен на официальном сайте БГУ [www.bsu.ru](http://www.bsu.ru), разослан \_\_\_\_\_ апреля 2007 г.

Отзывы на автореферат (в 2-х экземплярах, заверенных печатью) просим направлять по указанному адресу ученому секретарю диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат географических наук, доцент

Ц.Д. Гончиков

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Южное побережье оз. Байкал является составной частью центральной экологической зоны, включенной в Участок Мирового природного наследия. Соответственно, здесь введен режим наибольшего ограниченного природопользования, и допускаются лишь лесовосстановительные и биотехнические работы, направленные на сохранение и восстановление природных геосистем, а также регулируемая рекреационная и научно-исследовательская деятельность. В то же время этот участок побережья несет на себе значительную антропогенную нагрузку.

Южное побережье Байкала всегда было подвержено влиянию экзогенных процессов (селевых, обвальных, оползневых и др.), но с момента строительства и ввода в эксплуатацию Кругобайкальского участка ВСЖД большую роль в их развитии стала играть хозяйственная деятельность человека, это проявилось в нарушении естественного баланса, сложившегося в природе.

Еще больше проблема усугубилась со времени повышения уровня оз. Байкал, связанного с распространением на него подпора от плотины Иркутской ГЭС. Это повлекло за собой изменения естественного хода развития берегоформирующих процессов, усиление размывов берегов. В свою очередь подмыв оснований береговых склонов привел к активизации старых и возникновению новых склоноформирующих процессов - оползней, оплывин, осыпей.

Экзогенные процессы создали угрозу природно-хозяйственным структурам. Поэтому, в настоящее время, предотвращение опасностей, связанных с развитием оползневых, абразионных и других процессов на юге Байкала - одна из целевых программ устойчивого развития Байкальского региона.

**Целью** данной работы является изучение геоэкологических проблем, связанных с развитием экзодинамических процессов на южном побережье Байкала, активизировавшихся в результате вмешательства человека, и их влияния на безопасное функционирование сооружений, а также определение путей их решения.

Для реализации поставленной цели были решены следующие **задачи**:

- проведен комплексный анализ природно-климатических условий и факторов, влияющих на развитие экзогенных процессов, развивающихся в береговой зоне южного Байкала;

- проведен историко-географический анализ негативного влияния строительства и эксплуатации Кругобайкальского участка ВСЖД и каскада Ангарских ГЭС на развитие, активизацию и возникновение новых склоноформирующих процессов;

- дан анализ развития опасных природных процессов на южном побережье оз. Байкал, связанных с вмешательством человека;

- дана оценка инженерно-геоэкологических условий образования оползневых процессов на южном побережье оз. Байкал; современного состояния и влияния их на безопасное ведение хозяйственной деятельности;

- оценены меры защиты от оползневых и абразионных процессов, а также дан анализ прогнозируемых изменений в природной среде при проведении противооползневых работ.

**Объектом** исследования являются экзодинамические процессы южного побережья оз. Байкал.

**Предметом** исследования являются региональные особенности развития экзодинамических процессов (оползневых, абразионных, обвальных, селевых), их современное состояние и связанные с ними геоэкологические проблемы.

**Исходный материал и методика исследований.** Информационную базу работы составили многочисленные литературные и картографические источники, фондовые материалы, а также законодательные и нормативные акты РФ. Методика исследований определялась спецификой цели и включала как полевые (в период 1998-2006), так и камеральные работы (сбор информации в организациях и ведомствах).

Исходной теоретической основой данной работы являются положения, изложенные в трудах Б.П. Агафонова, М.Д. Будза, Г.Ю. Верецагина, Е.К. Гречищева, А.Б. Иметхенова, Л.Я. Кулиш, В.Г. Лапердина, Г.В. Пальшина, А.В. Пинегина, Ю.Б. Тржцинского и др.

**Научная новизна** работы заключается в том, что благодаря проведенным исследованиям:

- установлены закономерности проявления экзодинамических процессов, развивающихся в береговой зоне южного побережья оз. Байкал и связанных с хозяйственным освоением территории;

- проведена оценка существующих берегозащитных сооружений и предложены основные мероприятия по сохранению берегов от абразионных процессов;

- выявлены различные генетические типы оползней, отличающихся по морфологии и механизму, скорости и положению относительно защищаемого объекта полотна железной дороги;

- предложен подход для оценки экологического и экономического рисков для оползневых участков и обоснованности защитных мероприятий.

**Практическая значимость.** Полученные результаты дают достоверное представление о современном состоянии экзодинамических процессов южного побережья оз. Байкал и их влиянии на функциони-

рование железной дороги; позволяют прогнозировать изменения природной среды при проведении противооползневых работ. Отдельные материалы, изложенные в диссертации, используются при проведении занятий со студентами по дисциплинам «Инженерная геология», «Инженерная геология и геокриология» в Восточно-Сибирском государственном технологическом университете.

**Апробация работы и публикации.** Материалы диссертации опубликованы и были обсуждены на следующих научно-практических конференциях и симпозиумах: «Молодые ученые Сибири» (Улан-Удэ, 1998); III международная научно-практическая конференция «Взаимоотношения народов России, Сибири и Дальнего Востока: история и современность» (Улан-Удэ, 1999); региональная научно-практическая конференция «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (2001, 2006); международный симпозиум «XXI век: диалог цивилизаций и устойчивое развитие» (Улан-Удэ, 2001); всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ГПЗ «Столбы» (Красноярск, 2005).

Опубликовано 7 работ, из них одна в рекомендуемом ВАК издании.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы - 179 стр. Текст работы сопровождается 21 рисунком и 18 таблицами. Список литературы содержит 160 наименований публикаций.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Введение

Глава 1. Природно-климатические особенности южного побережья озера Байкал

- 1.1. Геолого-геоморфологические условия исследуемого района
- 1.2. Климатические особенности района исследования
- 1.3. Гидрологические условия
- 1.4. Ветровой режим на юге Байкала
- 1.5. Почвы и почвенный покров
- 1.6. Растительность и животный мир

Глава 2. История исследований и хозяйственного освоения южного побережья Байкал

- 2.1. Изученность береговой зоны побережья озера Байкал
- 2.2. Исходные данные и методика ранее проведенных исследований
- 2.3. Строительство и эксплуатация Кругобайкальского участка ВСЖД

2.4. Строительство и влияние Иркутского гидроузла на режим управления водными ресурсами озера Байкал

- 2.5. Изменение уровня режима озера Байкал

### Глава 3. Природные процессы и явления южного побережья Байкал и меры борьбы с ними

3.1. Опасные природные процессы, связанные с вмешательством человека в геосистемы южного побережья озера Байкал

3.1.1. Развитие гравитационных процессов и селевых явлений

3.1.2. Процессы заболачивания, затопления и подтопления

3.1.3. Абразионная деятельность и разрушение берегов

3.2. Экозащитные береговые сооружения и проектирование систем инженерной защиты

3.2.1. Этапы строительства и эксплуатации берегозащитных сооружений

3.2.2. Восстановление поврежденных береговых ландшафтов с помощью волногасящих берм

### Глава 4. Оползневые процессы на южном побережье Байкала

4.1. Современное состояние оползневых процессов и краткая инженерно-геологическая характеристика горных пород

4.2. Инженерно-геоэкологические условия района

4.3. Оползни и безопасное ведение хозяйственной деятельности

4.4. Методика изучения оползневых процессов

4.5. Оценка эффективности используемого метода вертикальных дренажных систем

4.6. Прогнозируемые изменения в природной среде при проведении противооползневых работ

4.7. Основные рекомендации по природоохранным мероприятиям противооползневых работ

Заключение

Список литературы

## ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1. Антропогенное влияние на геосистемы южного побережья оз. Байкал привело к активизации и нарушению естественного хода экзодинамических процессов и явлений.**

Экзодинамические процессы всегда были присущи южному побережью Байкала. Крупной положительной морфоструктурой исследуемого района является хр. Хамар-Дабан, вдоль которого по побережью Байкала прослеживаются обширные предгорные структуры. Среди них особо выделяется Танхойское поле, вытянутое узкой полосой между реками Хара-Мурин и Мысовая. Основная часть его площади занята неоген-четвертичными отложениями с глубоко врезаннными в них современными речными долинами. Местами эти осадки размыты, но, залегая моно-

клинально, в сводном разрезе достигают мощности до 1000 м и более (Пальшин. 1955).

Роль сезонных метеорологических факторов в развитии, характере и распространении экзодинамических процессов в целом следует признать значительной и специфичной благодаря особенностям сезонного тепло- и влагообмена, обусловленных влиянием термики водных масс озера. Южное побережье является самой теплой и наиболее «океаничной» по климату (Ладейщиков, 1975), средняя температура воздуха самого холодного месяца не опускается ниже  $-19^{\circ}$ . Также южное побережье характеризуется и наибольшими суммами осадков, в несколько раз превышающими средние значения по региону, влажным воздухом, частыми туманами и низкой облачностью (в осенние и зимние месяцы), что усиливает и ускоряет деструкцию рельефа, способствует разрушению и денудации склонов. Кроме того, ветры наибольшей силы северо-западного и западного направлений приходятся на осень и совпадают с периодом наивысшего уровня озера в году, что сказывается на процессе переработки берегов и береговых укреплений абразией и создаются благоприятные условия для развития оползней.

Антропогенная нагрузка сказалась на дальнейшем развитии экзодинамических процессов; в истории освоения выделяются два основных этапа.

Первый этап связан со строительством Кругобайкальского участка ВСЖД, начатого в конце XIX в., который и по нынешний день является сложнейшим по инженерно-геологическим, геоморфологическим, сейсмическим, инженерно-строительным и эксплуатационным условиям не только на Восточно-Сибирской железной дороге, но и по всей Транссибирской магистрали. Недаром он строился в последнюю очередь, после изысканий многих вариантов обхода оз. Байкал, как с севера, так и с юга.

С самого начала строительства участок железной дороги оказался во власти различных процессов. Во время изысканий пробивкой шурфов и буровыми скважинами, затем при осмотре выемок и котлованов были обнаружены оползни, которые стали проявлять себя во время строительства. Разрушение только что построенного, но еще не сданного в эксплуатацию железнодорожного полотна произошло 16-20 июля 1902 г. после сильных дождей. Произошли сплывы косокогоров, выемок, кюветов, насыпей. Размывание произошло на 6, 13, 30-32 и 53 км от станции Мысовой в сторону Слюдянки. Связано это было с подрезкой склонов.

Для устранения последствий оползней и обеспечения безопасности железнодорожного полотна в будущем были проведены серьезные дренажные работы, которые предполагали для устранения самой причины оползня осушение подошвы склона путем прекращения доступа к нему воды.

Основные события, связанные с подвижками оползней, представлены в табл. 1. Расстояние дается от Иркутска по маршруту Иркутск - Байкал - Слюдянка - Мысовая.

Таблица 1

Оползневые подвижки и деформации железной дороги за период с 1910 по 1942 гг.

Годы	Участок ж/д пути (км)	Последствия	Меры по устранению последствий
1910	289	деформирован дальний от Байкала путь	перенос железнодорожного полотна на новое место, постройка дополнительная ряжевая стенка для защиты берегов от волновой деятельности
	290	крупные смещения в верхней части откоса в виде неглубоких воронок и полостей	восстановительные работы по расчистке пути и укреплению откосов продолжались более трех месяцев
	325	сместился грунт в береговом оползне и образовался провис ж/д	ремонт железнодорожного полотна
1912	341	смещение земляного полотна вместе с оползнем в сторону озера	путь перенесен на новое место
1914	325	смещение оползня	отсыпка поврежденной насыпи
1920	290	завалены оползнем 180 м пути	объем убранной земли составил около 50 тыс. м <sup>3</sup>
1927	314	смещение железной дороги	исправление пути
	327	путь провалился на 1 м, а затем продолжалась осадка	в пределах оползня было выгружено 270 вагонов балласта
	290	оползень объемом в 20 тыс. м <sup>3</sup> накрыл путь	очистление пути
	319	оползнем был деформирован путь	перенос рельсов на 10 м в нагорную сторону
	289, 299	деформация пути	
1932	289	общая величина смещения составила 2,5 м	построен обходной путь
	290	объем грунта завалившего путь около 20 тыс. м <sup>3</sup> , деформированы некоторые дренажные сооружения	очистление пути
	327	просадка под железной дорогой по 30 см/сут	после каждого прохода поезда подъем и рихтовка пути
	294, 342	отмечались оползни	
1938	290	срывы земляных масс	
1941	294	просадка пути на 70 см	
1942	294, 299, 327, 341	подвижка оползней, ограничение движения поездов	текущий ремонт



В последующие годы оползни на 341, 327, 294, 271 км, напротив ст. Танхой находились в активном движении. На других участках (289, 300, 301, 342 км) в состоянии спокойствия, на третьих - в медленном движении, фиксируемом только приборами (293, 299, 319 км).

Второй этап активизации экзодинамических процессов связан с подъемом уровня оз. Байкал после строительства Иркутской ГЭС и наполнения водохранилища в 1959 г.

В период с 1907 по 1950 гг. высокие отметки уровня озера наблюдались только 6 раз за 43 года, и это было обусловлено естественной причиной – большим притоком воды в озеро. Начиная с 1960 года и по 1994 год, «многоводные годы» (превышение отметки НПУ - нормальный подпорный уровень - 457,0 м) наблюдались в течение 17 лет. При этом превышение НПУ происходило не через определенные промежутки времени, как это случалось с достижением максимальных отметок при естественном ходе уровня (1907, 1908, 1927, 1932, 1938, 1952 гг.), а год за годом в течение ряда лет. В годы, когда отметка НПУ не достигалась, максимальный уровень озера чаще всего был близок к ней (табл. 2). На основании этих данных можно утверждать, что после строительства Иркутской ГЭС, уровень озера систематически искусственно поддерживается на максимальных отметках, превышающих НПУ.

Кроме того, зарегулирование привело к смещению весеннего минимума и осеннего максимума уровня на месяц. Смещение осеннего максимума уровня к октябрю и более продолжительный период его сохранения (октябрь, ноябрь, декабрь) совпадает со временем, когда на Байкале наблюдается повышение скорости ветров и усиление волнения.

Изначально для регулирования уровня озера действовали «Основные положения использования водных ресурсов Иркутского водохранилища на р. Ангара (на период заполнения Братского водохранилища, 1964 г.)». В дальнейшем были предложены «Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского, Усть-Илимского) 1982, 1988 гг.». В них был произведен перерасчет годовой проточности в оз. Байкал по 78-летнему расчетному ряду 1903/04 - 1981/82 гг., который повлек за собой принятие повышенных значений уровней озера. НПУ был установлен на отметке 457,40 м. Сработка уровня водохранилища разрешалась до отметки 455,54 м. В чрезвычайных условиях эксплуатации (при прохождении паводков 0,1%-ной обеспеченности) временно допускался форсированный подпорный уровень до отметки 458,03 м, при 0,01%-ной обеспеченности паводков - до 458,2 м.

Таблица 2

Уровни оз. Байкал, превышающие установленную отметку подпора ГЭС и близкие к ней

Го- ды	Уровень (Т.О.)				
	ав- густ	сентябрь	октябрь	но- ябрь	декабрь
196	457,1	457,29	457,18	457,11	456,92
2	2	457,11	457,14	457,06	456,89
196	456,9	457,23	457,21	457,06	456,85
3	6	456,91	457,02	456,84	456,69
196	456,1	456,96	457,03	456,92	456,70
4	4	457,11	457,06	456,88	456,64
196	456,9	457,32	457,32	457,10	456,90
6	3	457,11	457,11	456,97	456,76
196	456,7	457,18	457,23	457,11	456,84
7	9	457,35	457,33	457,19	456,95
197	457,0	457,16	457,15	456,96	456,80
1	3	457,40	-	457,23	457,05
197	457,0	457,13	457,20	457,03	456,88
3	0	457,06	457,06	456,91	456,70
198	456,9	456,56	457,03	456,91	456,69
3	1	457,00	457,09	456,97	456,74
198	456,9	457,22	457,27	457,16	456,97
4	8				
198	457,1				
5	5				
198	457,0				
6	4				
198	457,1				
8	7				
199	456,8				
0	5				
199	456,9				
1	6				
199	456,7				
2	4				
199	456,7				
3	6				
199	456,9				
4	5				

Постановлением Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» были определены значения уровня воды в пределах отметок 456 м (минимальный уровень) и 457 м (максимальный уровень) в тихоокеанской системе высот. Принятие этого

Постановления практически исключило возможность принятия волевого решения о форсировании уровня озера. Вместе с тем полностью исключить превышение максимального значения уровня в годы высокой водности невозможно. Величина пропусков ограничивается как конструктивными возможностями ГЭС, так и условиями сложившегося освоения городом Иркутск технологической зоны нижнего бьефа Иркутской ГЭС.

Повышение уровня оз. Байкал повлекло за собой изменение естественного хода развития берегоформирующих процессов, усиление размывов берегов. Подмыв оснований береговых склонов привел к активизации старых и возникновению новых склоноформирующих процессов. Увеличение количества наносов, поступающих во вдольбереговой поток от разрушения берегов, способствовало активизации аккумулятивного процесса. Частые форсировки уровня озера привели к размыву многих аккумулятивных форм берега, сформировавшихся при бытовом уровне в течение длительного времени. Часть их полностью деградирована, другие продолжают восстанавливаться, благодаря усилившемуся притоку наносов. Разрушительный размыв берегов и береговых сооружений, периодически возобновляется и поныне при высоком положении уровня Байкала, особенно в позднесенний период, когда происходит накопление запасов воды (гидроэнергетических ресурсов) и одновременно наступает сезон наиболее жестоких штормов. Возросла также активность оползневых процессов на всех неукрепленных или недостаточно укрепленных участках берега.

Таким образом, на южном побережье начался новый этап перерастания обычной природной опасности в геоэкологический риск.

**2. Интенсивное проявление абразии привело к уничтожению естественных пляжей, активизации склоноформирующих процессов, разрушению берегозащитных сооружений, создало угрозу железной дороге. Сохранение природной среды южного побережья оз. Байкал и безопасное функционирование природно-хозяйственных структур зависит от качественного проектирования, строительства и эксплуатации систем инженерной защиты берегов.**

Современная береговая зона Байкала формировалась в течение длительного времени. Основными берегообразующим фактором являются волны. Интенсивность воздействия на берег волн и связанных с ними волновых течений зависит, с одной стороны, от ветрового и уровня режима, с другой - от геологического строения, конфигурации береговой линии, величины уклонов подводного берегового склона, степени насыщения береговой зоны обломочным материалом (Динамика..., 1976).

Береговые линии в границах Кругобайкальской дороги претерпевали изменения в каждом из трех периодов истории: до строительства железной до-

роги существовал природный (естественный) ландшафт, позднее - техногенный, который подразделяется - до и после строительства Иркутской ГЭС.

Применение береговых укреплений на южном Байкале связано со строительством и эксплуатацией Кругобайкальской железной дороги. На первых этапах с большим или меньшим успехом, но всегда со значительной затратой сил и средств, достигалось укрепление берега и полотна дорог от волноприбоя. При этом в какой-то мере использовался опыт предыдущего строительства и эксплуатации берегоукрепительных сооружений. Однако из года в год сохранялось общее направление берегоукрепления - противопоставление удару волн мощного фронта береговой защиты. Воздействие волн на пассивную защиту было столь сильным, что природные пляжевые накопления оказались сметенными за пределы зоны влияния береговых укреплений, а сами они подвергались частым разрушениям. Только в 1953 г. на Байкале были сделаны первые шаги на пути внедрения метода активного берегоукрепления - образования естественных пляжей с помощью подводных волноломов и бун.

Таким образом, длительный период бессознательного уничтожения природных пляжей волноотбойными стенами сменился периодом признания пляжей в качестве основной меры защиты берегов от абразии (Гречишев, 1964).

До подпора уровня озера от плотины Иркутской ГЭС профили байкальских отмелей и пляжей находились в стадии, близкой к динамическому равновесию, и обеспечивали постепенный расход энергии волнения по всей длине отмели. Повышение уровня озера привело к тому, что пляжи оказались затопленными, и байкальские волны стали беспрепятственно достигать уступа берегов, увеличилась волновая нагрузка на них и активизировались берегоформирующие процессы.

Интенсивное проявление абразионных процессов в исследуемом районе обусловлено следующими особенностями:

- 1) побережье здесь в основном низменное и сложено легкоразмываемыми глинисто-песчано-галечными отложениями;
- 2) побережье, исходя из характера циркуляции атмосферы, наиболее подвержено действиям северо-западных и юго-западных ветров и, соответственно, наблюдаются наибольшие волнения;
- 3) в этом районе выпадает большее количество осадков, чем на других участках побережья озера.

Выделяются несколько участков, характеризующихся интенсивной абразией берегов, а также проявлением процессов оползания, оплывания и реже осыпания и обваливания (рис. 1):

- участок побережья от устья р. Переемная до бывшего рыбпункта Поворот, который в целом имеет весьма сложные геоморфологические и инженерно-геологические условия;

- участок железной дороги между разъездом 5497 км и устьем руч. Грязнуха в районе ст. Боярск, на котором полотно дороги и опоры контактной сети расположены в 12-20 м от подмываемого и разрушаемого уступа террасы (рис. 2);

- участком берега Мантуриха - Мысовая, где вдоль уступа 10-12-метровой террасы наблюдаются свежие сплывы и куски дерна;

- в 1,5 км северо-восточнее с. Ключевка в районе небольшого мыса, где заканчиваются бетонная стенка и волнолом, наблюдается свежий подмыв уступа террасы;

- участки рек Мишиха и Переемная, где на уступах террасы сильно развиты сплывы и происходит сползание грунта. Эти процессы, повторяющиеся после каждого дождя, создают угрозу железной дороге, которая проходит по самой бровке террасы.

В результате возникшей серьезной опасности подмыва полотна железной дороги в 1971 г. был предложен ряд рекомендаций Управлению ВСЖД

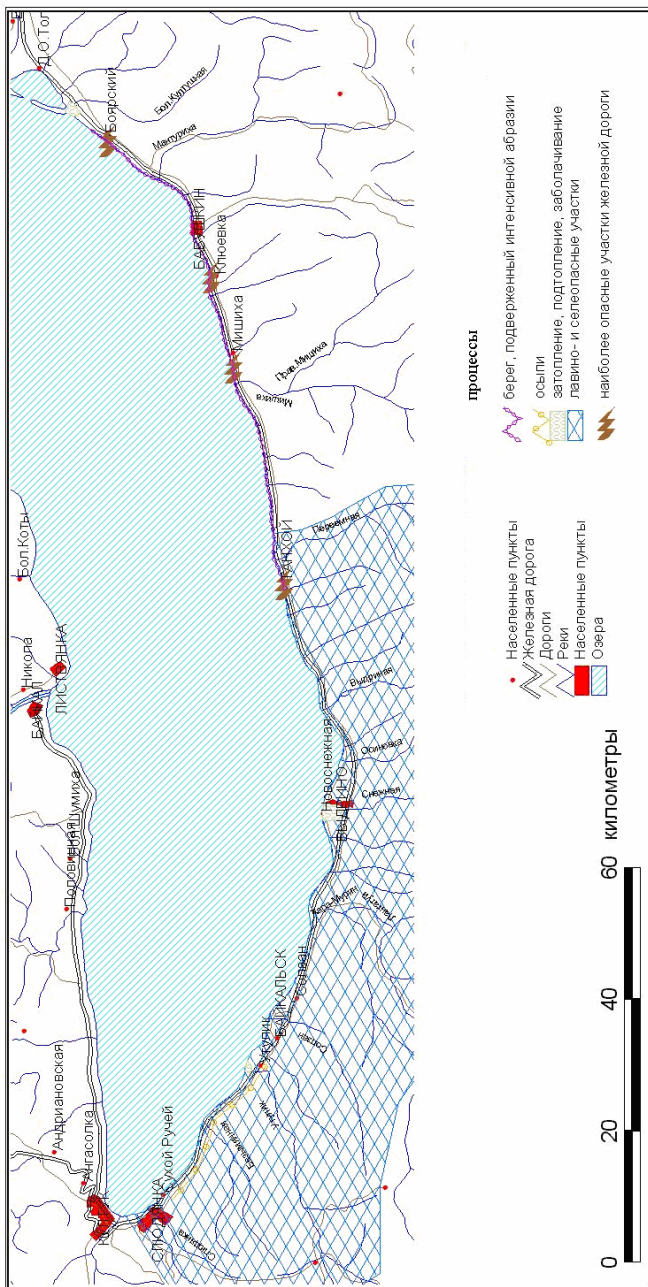


Рис. 1 Участки интенсивного проявления экзодинамических процессов (южное побережье озера Байкал)



Рис. 2 Участок железной дороги в районе ст. Боярск

по защите берегов оз. Байкал с целью обеспечения нормальной работы железной дороги. Начиная с 1972 г. согласно этой рекомендации, были построены берегоукрепительные сооружения на участке ст. Боярск - разъезд Сухой Ручей (возведены 15 бунгов и построена волноотбойная стенка протяженностью более 1,5 км). Следует отметить, что при строительстве сооружений был допущен ряд ошибок, и не приняты надлежащие меры по укреплению берегового уступа. В результате этого произошли новые сползания и оплывания глинисто-суглинистого материала по склону террасы после интенсивных летних и осенних дождей. Применяемые берегозащитные конструкции - подпорные и волноотбойные стены и стены с бермами из блоков Б-1 - являются сооружениями пассивного типа, непосредственно воспринимающими удары волн, под действием которых исключается возможность сохранения пляжа и увеличивается глубина воды перед сооружениями за счет переуглубления дна в зоне мелководья. По состоянию на 2000 г. глубина воды в полосе воздействия волн почти повсеместно достигла 1,5-2,0 м. В таких условиях нельзя быть уверенными в устойчивости стен во время штормов.

В качестве основного природоохранного мероприятия нами рекомендуется до 2010 г. сосредоточить максимум усилий на строительстве искусственных каменистых пляжей - волногасящих берм из несортированной горной массы и камней-негабаритов. Вариант берегозащиты с помощью бетонных конструкций не принесет положительных изменений в существующий береговой ландшафт. Интенсивность разрушения бетона (истирание, зимнее

размораживание) будет намного опережать строительные меры, включающие уборку бетонных останков от разрушенных сооружений и постройку взамен их новых конструкций. При этом работы должны будут выполняться при глубине воды озера от 1,0 до 2,0 м, и экономические затраты будут недопустимо высокие.

Строительство волногасящих берм из горной массы приведет к формированию валунно-крупногалечных пляжей, это в какой-то мере возродит нарушенную экологическую систему мелководья, позволит осуществлять ремонт деформированных сооружений и резко сократит вероятность наступления аварийных ситуаций на железной дороге. Использование местного материала поможет обеспечить создание биопозитивных конструкций, частично восстановить природный береговой ландшафт, и позволит значительно удешевить строительные работы.

Строительными материалами служат бетон, горная масса и каменный материал. Поставщиками бетонных конструкций являются Тальцинский, Тимлюйский и Ангарский заводы ЖБИ. Горная масса и камень заготавливаются на Ангасольском щебеночном заводе и в отдельных случаях на Челутаевском каменном карьере, а также на карьере «Перевал» (г. Слюдянка). Для заготовки валунного материала могут быть использованы аллювиальные отложения рек Слюдянка, Безымянка, Утулик, Мишиха и др.

Набросные сооружения из горной массы «с расчетом на уположение их волнениями в процессе эксплуатации» разрешены строительными нормами, принятыми при проведении гидротехнических работ.

На протяжении все береговой линии южного побережья существуют, так называемые «прижимные» по отношению к оз. Байкал, участки железной дороги, непосредственно подвергающиеся волновому и ледовому воздействию (73,5 км). В зависимости от волновых характеристик были выделены 12 районов волнения, а по геоморфологическим условиям берега - 24 укрупненных объекта берегозащиты. В настоящее время на участках: № 14 (5432-5436 км, перегон ст. Переменная - ст. Мишиха) протяжением 2,5 км; № 16 (5444-5447 км, перегон ст. Переменная - ст. Мишиха) - 3,0 км; № 20 (5470-5472 км, перегон ст. Ключевка - ст. Мысовая) - 2,5 км уже ведутся строительные работы.

**3. Транспортная магистраль создавалась в условиях развития весьма опасных природных процессов, в том числе и оползней, влияющих на безопасную эксплуатацию железной дороги. Оценка и прогноз катастрофических оползневых явлений – один из основных принципов управления экологическими, экономическими и другими рисками.**

Широкому развитию оползневых процессов на южном побережье Байкала благоприятствуют следующие условия:

- климатические, особенно обильные осадки;



- наличие суглинисто-глинистой толщи неогеновых пород, чередующихся с песчаниками, аргиллитами, алевролитами, бурыми углями и имеющих уклон в сторону оз. Байкал;

- наличие системы тектонических трещин, субпараллельных и субперпендикулярных склону;

- значительное превышение водоразделов над днищем долин или же искусственными выемками при крутых и очень крутых склонах.

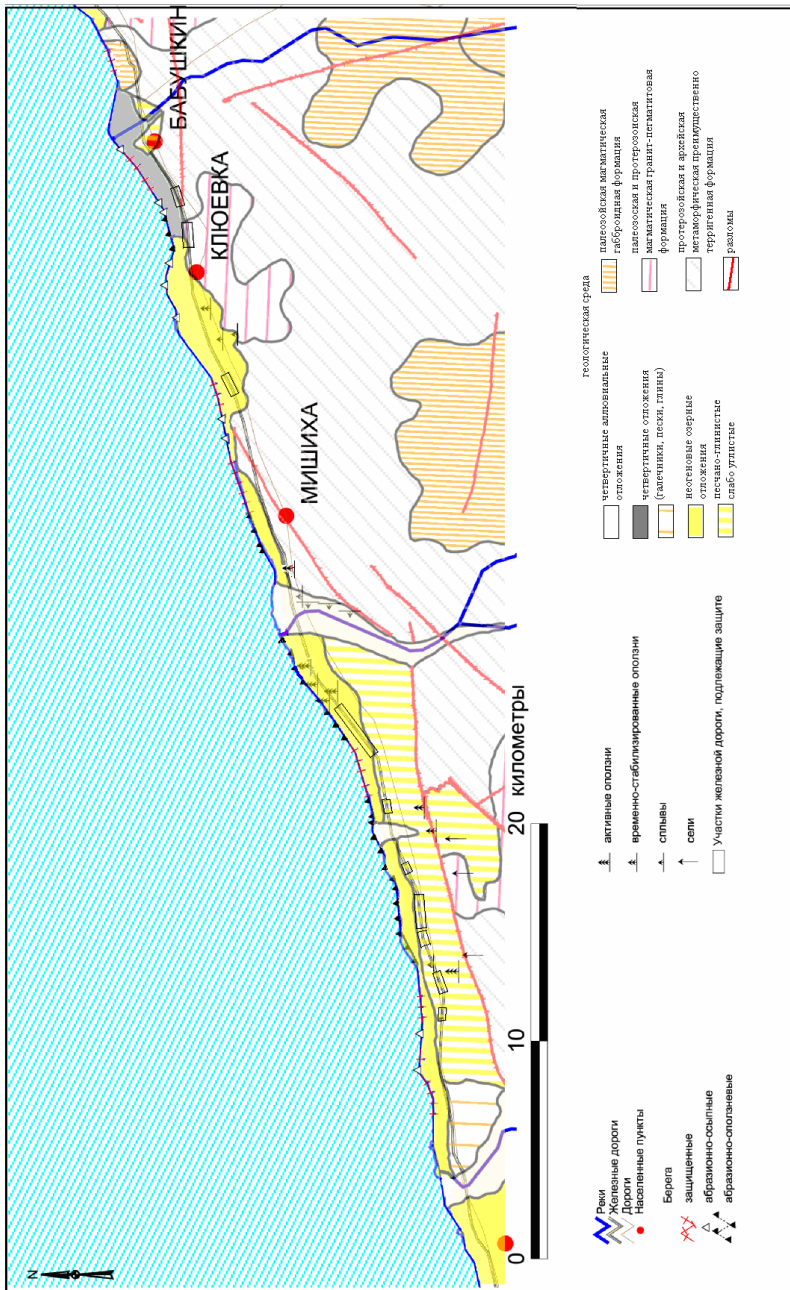
Наиболее подверженным оползневым процессам является участок, между станциями Танхой-Мысовая (рис. 3), где железная дорога расположена всего лишь в нескольких десятках метрах от береговой полосы, здесь же проходят две линии электропередач (ЛЭП-220, Иркутск-Улан-Удэ; ЛЭП-500, Иркутск-Гусиноозерск). На этом участке расположен один из крупнейших в Восточной Сибири Танхойский оползневый район, в котором особо выделяется Клюевский оползень.

Участок побережья Танхой-Мысовая приурочен к бортовой части Байкальской впадины, представляющей собой Танхойско-Мысовскую возвышенность (100-200 м.). Возвышенность состоит из четырех разных генетических типов рельефа: 1) эрозионно-аккумулятивный и аккумулятивный; 2) абразионно-аккумулятивный; 3) эрозионно-денудационный; 4) флювиогляциально-аккумулятивный.

Геологическое строение на данном участке характеризуется развитием отложений докембрия, палеозоя и кайнозоя. Наибольший интерес представляют неогеновые отложения, которые хорошо прослеживаются вдоль подножия хр. Хамар-Дабан, выполняя отдельные депрессии в породах кристаллического фундамента. Мощность их значительно уменьшается от 400-700 м в районе ст. Танхой до 50 м в районе ст. Клюевка. Одновременно изменяется и механический состав осадков - от существенно глинистых до преимущественно песчаных разновидностей.

Оценивая неогеновые отложения, как среду зарождения оползней, следует подчеркнуть, что их формирование в активной геодинамической обстановке предопределило высокую плотность неогеновых отложений и увеличивающуюся с глубиной степень литификации. Так, например, среди песков появляются песчаники, среди глинистых разновидностей - аргиллиты, алевролиты. В целом, глины составляют наиболее прочную связь разреза. Они высоко агрегированы, отличаются невысокой пластичностью, преимущественно слабым набуханием, что согласуется с низкой коллоидной активностью, характерной для неогеновых глин с устойчивой консистенцией.

Узкие зоны ослабления их прочности вдоль контакта с водопроницаемыми отложениями не могут вызвать катастрофических смещений в условиях пологого залегания. Очаги повышенного увлажнения глинистых разновидностей приурочены к точкам разгрузки напорных водоносных гори-



зонтов более предрасположены к медленной ползучести, чем к катастрофическим проявлениям.

Слабую часть разреза составляют пески, среди которых выделяются ложные и истинные пльвуны, подвижность которых реализуется на склонах, где в наибольшей степени проявляется действие фильтрационных сил. Оползни чаще всего связаны с пылевато-глинистыми разновидностями песков, внезапные вносы которых возможны при меньших значениях гидродинамических давлений в сравнении с ложными пльвунами. Дренаживание истинных пльвунов практически невозможно, что и объясняет в ряде случаев неэффективность дренажных штольн.

С позиций оползнеобразований важной особенностью неогеновых пород является ритмичное строение, что предопределяет ярусное строение оползней, оказывающих разное влияние на полотно железной дороги.

Оползни развиты как на поверхности озерных террас, так и по долинам рек. Их проявление постоянно создает угрозу движению поездов по Кругобайкальскому участку ВСЖД. Одновременно процесс оползания сопровождается пучинообразованием при промерзании глинистых пород, а также просадками в результате их оттаивания (Шевченко, Колдышева, 1977; Карта..., 1996).

Использование оценки риска в качестве стратегической меры по снижению ущерба получило широкое признание, но, к сожалению, общепринятых методик расчета и опыта их использования и внедрения пока нет. По мнению А.Л. Рагозина (1995), вероятность безотказной работы сооружения в течение заданного срока службы является универсальным показателем надежности.

Под отказом мы понимаем любые негативные последствия, связанные с нарушением нормального функционирования сооружений. Применительно к железной дороге в качестве отказа можно рассматривать вынужденные остановки поездов, ограничение их движения, перенос дороги на новую трассу и т.д. Вероятность негативного события выступает в качестве показателя риска.

Для оценки материального ущерба применяем следующую формулу (Иметхенов, Хандуева, 2004):

$$V_M(H) = \frac{S_H * S_0}{S_r},$$

где  $S_r$  - протяженность побережья, сложенного неогеновыми отложениями, составляет 70 км;

$S_0$  - суммарная протяженность побережья, подвергнутая оползневым явлениям, равняется 6 км;

$S_H$  - отрезок железной дороги, периодически подвергаемый оползневым смещениям пород и деформациям. Постоянно получать точные данные

очень сложно из-за отсутствия систематических наблюдений за аварийными ситуациями. Так, например, за 1960 год деформировано 520 м полотна железной дороги.

$S_H/S_0$  - вероятность поражения любой точки,  $S_H/S_0 = 0,52 / 6,0 = 0,087$

$S_0/S_t$  - вероятность опасности или уязвимости,  $S_0/S_t = 6/ 70 = 0,086$

$S_H/S_t$  - общая уязвимость железной дороги,  $0,52 / 70 = 0,0074$

Диапазон общей уязвимости колеблется в широких пределах от 0,0074 до 0,643 (за разные годы) и свидетельствует о различной реакции склона на опасность во временном аспекте.

Располагая точными данными, можно оценить материальный ущерб  $V_M(H)$  для отрезка дороги, пораженного при единичном проявлении опасности:

$$V_M(H) = \frac{S_H * S_0}{S_t}$$

$$V_M(H) = 0,044 \text{ (1960 г.)}$$

О необходимости систематизации аварийных ситуаций свидетельствуют данные по Клюевскому участку (5472 км), где по степени оползневой опасности нами выделено 4 отрезка дороги, различающиеся по характеру влияния оползней на железнодорожное полотно. Имеются данные о деформации железнодорожных путей за 1985 год - 150 м, 1990 год - 25 м и 1993 год - 150 м. Пространственно эти деформации вписываются в границы оползня пластического течения в пределах 170 м. Если эти данные соотнести с протяженностью анализируемого отрезка 1 км, то вероятность опасности ( $S_0/S_t$ ) составит 0,15, 0,025 и 0,15 соответственно. Но, в целом Клюевский участок подвержен генетически разнотипным оползням с различной динамикой. Если приведенные по годам деформации отнести только к оползню пластического течения, то вероятность его поражения ( $S_H/S_0$ ) составит 0,88; 0,15 и 0,88. Следовательно, вероятность негативного события выступает в качестве показателя риска, и отнесение Клюевского участка железной дороги к особо опасным правомерно.

Применяемая нами формула не совсем достаточна для конкретной оценки риска на других частях рассматриваемого перегона (в данном случае для Клюевского участка), поскольку они периодически осложняются, например, оползнями всплывания. Этот тип оползня подвешен по отношению к полотну железной дороги поверхностью смещения, представляя собой обычно одноактное смещение. Но последствия этого оползня сильно осложнены и с трудом поддается ликвидации, тогда как при оползне пластического течения все деформации устраняются рихтовкой. Следующие деформации могут возникнуть только после ликвидации оползневого блока денудационными процессами. Следовательно, для оценки опасности, создаваемой оползнями всплывания, необходим учет временной координаты.

Поскольку величина вероятности ( $S_n/S_0$ ) является критерием безопасности, то для целенаправленной противооползневой защиты требуется определенная постановка работ. Для этого необходимо проводить анализ, систематизацию аварийных ситуаций и оценку риска с учетом генетической разнотипности оползней.

На сегодняшний день, наиболее эффективным методом противооползневой борьбы является метод вертикальных дренажных систем, успешно применяемый на различных участках дороги. Критерием оценки эффективности метода вертикальных дренажных систем является: 1) стабильность уровня режима во внутригодовом и многолетнем разрезе (рис. 4); 2) стабильность оползневого массива; 3) отсутствие деформаций полотна железной дороги.

Достоинством предложенного метода (Васянович и др. 1992) является то, что в основу противооползневых мероприятий положено снижение величины гидродинамического давления как ведущей причины оползневого процесса. Так как метод направлен на предотвращение смещения и обрушения крупных блоков разрыхленной, часто загрязненной органикой и некоторыми токсичными микроэлементами, его применение уже само по себе относится к важным мероприятиям, обеспечивающим экологическую безопасность территории. К тому же при проведении вертикального дренажа оползневых откосов оказывается минимум воздействия на природную среду

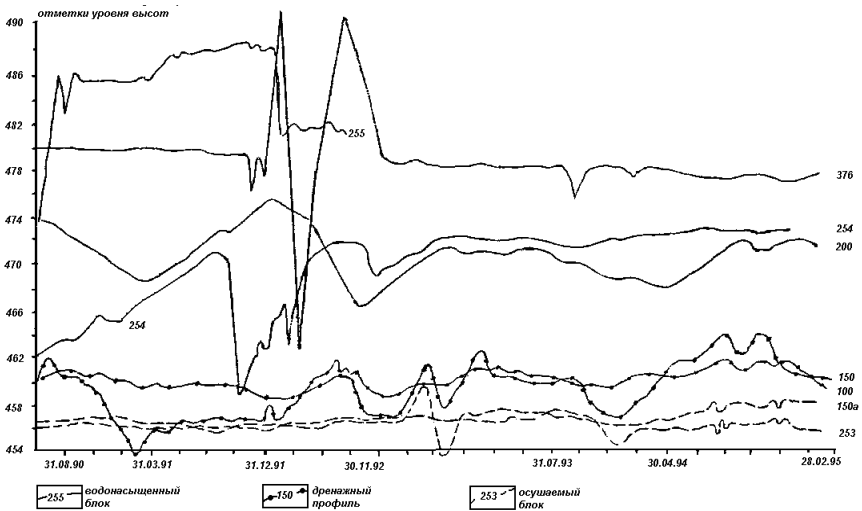


Рис. 4 График стабилизации уровня режима подземных вод в местах прохождения полотна железной дороги (Кругобайкальский участок, 5434–5436 км), по данным буровых работ, проведенных Сосновгеолсервис

## ВЫВОДЫ

1. Южное побережье озера характеризуется определенными особенностями природно-климатических условий, способствующих проявлению абразионных, оползневых, селевых и других процессов. Среди этих особенностей можно отметить выпадение большого количества осадков, в частности ливневого характера; особенности ветрового режима; состав горных пород, наличие системы тектонических трещин, субпараллельных и субперпендикулярных склону; значительное превышение водоразделов над днищем, крутизна склонов и др.

2. Строительство и ввод в эксплуатацию Кругобайкальского участка ВСЖД и Иркутской ГЭС привело к существенному изменению природных условий в районе исследования и нарушению установившегося веками экологического баланса: размывы пляжи, представляющие основной элемент защиты берегов от воздействия волн; подтоплены низменные участки; разрушаются береговые уступы; усиливаются процессы оползания и сплывания в пределах берегового уступа и т.д.

3. При берегоукрепительных работах на южном побережье следует сочетать методы активной и пассивной защиты, направленные на создание и сохранение пляжей. В качестве основного природоохранного мероприятия рекомендуется строительство искусственных каменистых пляжей - волногасящих берм из несортированной горной массы и камней-негабаритов из местных трудноразмываемых пород.

4. В настоящее время предотвращение рисков, связанных с развитием оползней, селей и других природных катастроф, на юге Байкала становится одной из целевых программ устойчивого развития Байкальского региона. Общеизвестно, что транспортные магистрали, как особый вид природно-техногенных систем, несут особую нагрузку за жизнеобеспечение обширных территорий. Так, для обеспечения безопасности в районах широкого развития оползневых процессов на южном побережье Байкала рекомендуются методы нормирования надежности инженерных сооружений с использованием показателей риска.

5. Применяемый метод вертикальных дренажных систем наиболее эффективен при противооползневой защите в исследуемом районе, об этом свидетельствует стабилизация оползневых участков, замедление эрозионной деятельности на склонах, отсутствие деформаций на железной дороге в пределах действия дренажного профиля, и это обеспечивает достаточно безопасную эксплуатацию железной дороги на ранее «больных» участках. К тому же при проведении противооползневых работ не оказывается негативного влияния на природную среду.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ в рекомендованном ВАК издании**

Иметхенов А.Б. Воздействие оползневых процессов на железную дорогу (юг Байкала) / А.Б. Иметхенов, **В.Д. Хандуева** // Вестник Бурятского университета. Сер. 3: География, геология. Вып. 3. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2004. – С. 53-61.

### **в других изданиях**

Хандуева В.Д. Изменение природной среды дельты реки Селенги / В.Д. Хандуева // Сборник мол. ученых. Вып. 1. – Улан-Удэ, ВСГТУ, 1998. – С. 91-96.

Хандуева В.Д. Изменение экосистем дельты р. Селенги под влиянием антропогенного воздействия / В.Д. Хандуева // Сборник научных трудов. Серия: Охрана окружающей среды. ВСГТУ. – Улан-Удэ, 2001. – Вып.2. – С. 37-43.

Хандуева В.Д. Социальные последствия экологических проблем дельты реки Селенги / В.Д. Хандуева // Взаимоотношения народов России, Сибири и Дальнего Востока: история и современность. - Улан-Удэ, БГУ, 2000. - С. 111-114.

Хандуева В.Д. Воздействие Иркутской ГЭС на геосистемы юго-восточного побережья озера Байкал / В.Д. Хандуева // Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Сб. докладов. Том 1.-Смоленск, Ойкумена, 2001. - С. 147-149.

Хандуева В.Д. Воздействие Иркутской ГЭС на природные комплексы юго-восточного побережья озера Байкал / В.Д. Хандуева // XXI век: диалог цивилизаций и устойчивое развитие: Тезисы докладов международного симпозиума. – Улан-Удэ, ВСГТУ, 2001. - С. 152-154.

Иметхенов А.Б. Многолетние наблюдения за катастрофическими явлениями, происшедшими в Байкальском регионе / А.Б. Иметхенов, О.А. Иметхенов, **В.Д. Хандуева** // Многолетние наблюдения в ООПТ. История. Современное состояние, перспективы. Материалы Всеросс. научно-практ. конференции, посвященной 80-летию ГПЗ «Столбы» - Красноярск: Изд-во «Кларенианум», 2005. - С. 78-84.

Подписано в печать 26.04.2007 г. Формат 60x84 1/16.  
Усл.п.л. 1,39. Тираж 100 экз. Заказ № 87

---

Издательство ВСГТУ  
670013. г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40, в.