

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН СО РАН)

УДК 556.314
Рег. № 121112400008-2

Инв. № 1

УТВЕРЖДЕНО

РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА

Протокол № 13 от «09» декабря 2021 г.

Председатель Ученого совета,
Директор института, д.г.-м.н.

А.А. Цыганков



ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
за 2021 г.

Проект: Исследование негативных физико-геологических явлений
на восточном побережье Байкала для разработки рекомендаций
по защите инженерных сооружений и уникальных природных образований
при подъеме уровня воды в озере (промежуточный)

Номер проекта в ИС управления НИР
FWSG-2021-0006

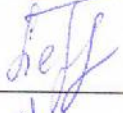
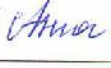
НИР по теме: Влияние измерения уровня воды в озере Байкал на состояние экосистемы озера, определение ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Республики Бурятия, Иркутской области в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС

Научный руководитель
д.г.-м.н.

А.М. Плюснин

Улан-Удэ, 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Должность	Подпись	ФИО
д.г.-м.н., заведующий лабораторией, руководитель работ		Плюснин А.М.
к.г.н., научный сотрудник, исполнитель		Перязева Е.Г.
к.г.-м.н., научный сотрудник, исполнитель		Украинцев А.В.
к.г.н., научный сотрудник, исполнитель		Чернявский М.К.
младший научный сотрудник, исполнитель		Ангахаева Н.А.
аспирант, исполнитель		Чередова Т.В.

РЕФЕРАТ

Отчет 36 с., 14 рис., 1 табл., 40 источн.

УРОВЕНЬ ВОДЫ В ОЗЕРЕ, АБРАЗИЯ, ОПОЛЗНИ, ПЕСЧАНЫЕ КОСЫ, ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ПОСЕЛЕНИЯ, ПОДТОПЛЕНИЕ, ЗАБОЛАЧИВАНИЕ

Цель работы - Исследование воздействия негативных физико-геологических явлений на геологические образования, населенные пункты и защитные инженерные сооружения, расположенные на восточном побережье озера Байкал.

Методы исследования - работа с литературой и фондовыми материалами, топографическими картами, космоснимками, фотографическим материалом, наблюдения на природных и техногенных объектах.

В ходе выполнения проекта получены следующие результаты:

1. Собран фактический материал, характеризующий преобразования песчаных островов Ярки, Карга-Бабя, полуостровов Карга, Святой Нос и др. за период, прошедший с момента строительства Иркутской ГЭС. Показано, что за прошедший период произошло изменение конфигурации береговой полосы, исчезло несколько островов. С топографических карт исчез полуостров Карга Лемасова, площадь которого составляла 0,6465 км². Наиболее активное развитие абразия получила в 1962, 1964, 1971, 1973, 1983-1985, 1988, 1990-1994 годах, когда наблюдался наивысший подъем уровня воды в Байкале.

2. Установлено воздействие абразии, оползневых процессов, на защитные инженерные сооружения, автомобильные дороги, линии электропередач, расположенных в населенных пунктах восточного побережья Байкала. Ежегодно на поддержание в рабочем состоянии защитных инженерных сооружений, автомобильных дорог из Республиканского и местных бюджетов закладываются средства в несколько сот миллионов рублей. В некоторых населенных пунктах на протяжении прошедшего периода инженерные сооружения возводились несколько раз. После подъема уровня озера увеличилась площадь заболоченных земель, сформировались ранее не существовавшие водоемы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. Анализ фондовых и опубликованных данных о развитии абразионных, суффозионных, оползневых процессов в населенных пунктах, расположенных на побережье озера Байкал в границах Республики Бурятия.....	7
2. Анализ данных о современном состоянии песчаных островов Ярки, островов в Ангарском Соре в северном Байкале, острова Карга-Бабя, п-ова Карга, островов в дельте Селенги в Центральном Байкале, подвергнутых размыву в связи с подъемом уровня Байкала при строительстве Иркутской ГЭС.....	22
Заключение.....	32
Список использованной литературы.....	33

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями, сокращения и обозначения:

Абразия — процесс механического разрушения и сноса горных пород в береговой зоне водоёмов волнами и прибоем, а также воздействием переносимого водой обломочного материала.

Аккумуляция— процесс накопления рыхлого минерального вещества на поверхности Земли.

БС – Балтийская система высот

ГЭС – гидроэлектростанция

ЛЭП – линия электропередачи

МО – муниципальное образование

НПУ - нормальный подпорный уровень

ООПТ – особо охраняемая природная территория

ПГС – песчано-гравийная смесь

СП – сельское поселение

ВВЕДЕНИЕ

В связи с подъемом уровня озера Байкал при строительстве Иркутской ГЭС на всем его побережье активизировались физико-геологические явления связанные с процессами преобразования береговой полосы.

Цель этап - исследование воздействия негативных физико-геологических явлений на геологические образования расположенные на побережье озера по фондовым данным и опубликованным работам.

Задачи:

1. Анализ данных о развитии разрушительных процессов в населенных пунктах, расположенных на побережье озера Байкал в границах Республики Бурятия.
2. Анализ данных о современном состоянии песчаных островов в северном и центральном Байкале.

Структурно отчет состоит из двух частей соответственно поставленным задачам.

Наиболее активно осуществляется разрушающая работа волн. Одновременно с разрушением кристаллических пород, слагающих береговые склоны, волны производят работу по их истиранию, перемещению вдоль берега и отложению (аккумуляции) в виде пляжа. Соотношение между абразионными и аккумуляционными процессами, главным образом, зависит от уклона подводного склона, который определяет расходование энергии волн [1]. Если подводный склон имеет значительную крутизну, то при прохождении над ним волны слабо расходуют свою энергию и соответственно интенсивно воздействуют на породы, слагающие надводную часть склона. В этом случае формируется абразионный береговой профиль. Если подводный склон пологий, то энергии волн хватает только на перемещение наносов к берегу и отложение их на пляже и подводной части склона. В этом случае формируется аккумулятивный береговой профиль. Равновесие между абразией и аккумуляцией в водоемах достигается за длительный период времени, исчисляемой десятками и сотнями лет. Протяженность абрадируемых берегов Байкала составляет 1766 км, или 85 %, остальные 15% - укрепленные и аккумулятивные берега [2].

На восточном побережье Байкала абразионные процессы проявляются в разрушении береговой полосы, размыве островов, уничтожении инженерных сооружений, созданных для защиты населенных пунктов, железных, автомобильных дорог, линий электропередач. Наиболее активное развитие абразия получила в 1962, 1964, 1971, 1973, 1983-1985, 1988, 1990-1994 годах, когда наблюдался наивысший подъем уровня воды в Байкале [3]

1. Анализ фондовых и опубликованных данных о развитии абразионных, суффозионных, оползневых процессов в населенных пунктах, расположенных на побережье озера Байкал в границах Республики Бурятия

В связи с подъемом уровня воды в озере, сформировавшаяся за длительный период времени пляжная зона на побережье Байкала в пределах многих населенных пунктов, потеряла свои защитные функции, так как оказалась на значительной глубине. Вследствие этого береговая полоса стала доступной для волн и начала подвергаться интенсивному абразионному воздействию, озеро стало наступать на сушу, нанося ущерб домам в населенных пунктах, объектам инфраструктуры поселений, линейным инженерным сооружениям.

п. Нижнеангарск

Процесс разрушения берега в границах поселка Нижнеангарск начался с 30-х годов, со времени постройки пристани с оградительным молом, который прервал вдольбереговой поток галечно-песчаных наносов севернее пристани [4]. После повышения уровня воды в озере размывы берега в поселке Нижнеангарск приняли катастрофический характер, поставив под угрозу разрушения селитебную территорию поселка (рисунок 1).



Рисунок 1 - Вид на п. Нижнеангарск с корабельной пристани (Октябрь 2004 г.)



Рисунок 2 - Разрушение бетонной плиты в головной части оградительно мола
(Октябрь 2004 г.)

Бутобетонная подпорная стена, построенная севернее пристани на большей части своего протяжения разрушена. От нее сохранились лишь 3 фрагмента длиной от 34 до 120 м (рисунок 2). В связи с угрозой подмыва опор высоковольтной линии и разрушения полотна автодороги в 2003 г в качестве противоаварийной меры на протяжении около 700 м выполнена отсыпка крупного камня. Это снизило остроту ситуации, но полностью угрозу не устранило. Сохраняется опасность разрушения ближнего к пристани фрагмента подпорной стены протяженностью 120 м. Ширина галечно-валунного пляжа перед стеной не превышает 1-2 м. В ряде мест основание ее размыто и подошва стены «зависла». Если не принять мер по укреплению основания и прикрытию подпорной стенки от прямого воздействия штормовых волн сохраняется реальная угроза ее разрушения с последующим интенсивным размывом берегового склона с расположенными на нем опорами высоковольтной линии.

Берег от п. Нижнеангарск до устья р. Кичера представляет собой аккумулятивную косу, которая вместе с островами Ярки является фрагментом единой системы бара, отделяющего озеро Байкал от мелководной части Ангарского Сора. Концевая (дистальная) часть косы вблизи устья р. Кичера после подъема уровня озера подверглась интенсивному размыву. Сопоставление положения линии уреза дистального конца косы 2003 г с данными лодманской карты за 1958 г показало, что общий размыв за прошедшие

годы составляет более чем 500 м. Ширина песчаной косы в концевой части местами не превышает 10 м. Если не будут приняты меры по стабилизации конечности косы, она будет окончательно размывта в ближайшие годы [5].

Абразионные процессы в поселке протекают в пределах прибрежной полосы берега и дна от пристани в п. Нижнеангарск до устья р. Кичера на расстоянии 4,5 км. За пределами поселка на косе от спасательной станции до устья р. Кичера находится пляж. Территория в пределах участка ровная с абсолютными отметками 459,0 – 460,0 м БС на юго-западном конце участка и 457,0-457,4 м на косе. Для рассматриваемого участка берега характерны волнения южного и юго-западного направлений, которые оказывают максимальное воздействие на берег и сооружения. Наибольшая высота волн на глубокой воде южного направления достигает 3,5-5,0 м при среднем периоде 7-8 с.

Участок подверженный абразионным процессам делится на два фрагмента. Первый, представленный террасой коренного берега с ровным рельефом и абсолютными отметками, изменяющимися от 458,0 до 460,0 м БС. Второй – коса, сформированная под воздействием волн озера, ширина, которой колеблется от 20 до 100 м, а отметки от 457,7 до 457,0 м БС. Между коренным берегом и косой расположена заболоченная территория.

Уклоны прибрежного дна озера в пределах поселка очень крутые. Изобата 2,0 м проходит всего в 20-24 м от уреза воды. Это обуславливает интенсивное воздействие волн высотой до 2 м на берег и сооружения. В пределах косы уклоны дна уменьшаются и на конце последней они снижаются до 0,009. Здесь изобата 2 м удалена от уреза на 200-220 м. Непосредственное воздействие волн на берег ослаблен, но увеличивается подъем уровня озера за счет ветрового и волнового нагонов [6].

Анализ материалов по морфологии берега и дна, гранулометрическому составу пляжевого материала свидетельствует о вдольбереговом переносе галечно-гравийного материала от пристани к корневой части косы и далее на протяжении около 1,5 км [7]. Из-за отсутствия систематических наблюдений достоверно оценить преобладающий перенос песка на концевом участке косы по полученным материалам затруднительно. Ясно лишь одно, что здесь за последние 50 лет преобладал поперечный перенос, обусловленный подъемом уровня озера. Берег здесь отступил более чем на 500 м.

Береговая полоса в пределах поселка и корневая часть косы сложены толщей переслаивающихся валунно-галечных, галечно-песчаных, песчаных отложений и глин, мощность которых достигает 40 м. Слои глины с большим содержанием гальки и гравия встречены в отдельных скважинах на глубинах от 6 до 12 м. Верхние слои корневой части косы сложены галечно-гравийном материалом. Из этого же материала сформирован пляж на протяжении 1,5 км, считая от корня косы. Далее к концу косы галечный пляж

переходит сначала в гравийный, а затем в песчаный. Дистальная часть косы сложена песком. По материалам бурения на о. Ярки, выполненного до глубины 20 м, можно заключить, что вскрытая часть аккумулятивной формы сложена чистым песком разной крупности, который активно размывается при волнении [8].

Аварийная ситуация возникла в последние годы и по внешнему контуру оградительного мола пристани. Здесь почти по всей длине было разрушено каменное откосное крепление и размывта верхняя часть откоса. По всему внешнему контуру мола разрушена полоса бетонного покрытия шириной от 2 до 6 м. Отсыпка крупного камня на откос в прикорневой части мола в 2002 г предотвратила разрушение этой части сооружения (рисунок 3). Тем не менее, размыв неприкрытой верхней части откоса и разрушение бетонного покрытия в головной части мола на длине более 150 м продолжаются. Для предотвращения дальнейших разрушений необходимо укрепить внешний контур оградительного мола на всем протяжении.

При обследовании оградительного мола в 2003 году установлено, что его бетонное покрытие со стороны открытого озера разрушено практически на большей части своего протяжения. Не разрушена плита лишь на первых пятидесяти метрах корневой части мола. Со стороны портовой акватории деревянный ряж причальной стенки в прикорневой части мола сгнил, и стенка обрушилась [4].



Рисунок 3 - Противоаварийная защита средней части мола (Октябрь 2004 г.)

Было выполнено определение прочности бетона по краю еще не разрушенных плит покрытия с помощью электронного измерителя прочности бетона ИПС-МГ-4 №453 в 5 точках, равномерно распределенных вдоль зоны разрушений. Картина разрушений плиты покрытия представляется в следующем виде. На первом этапе под ударами волн было разрушено откосное крепление с внешней стороны мола. По мере подмыва основания плиты происходило обрушение зависающего его участка. На период обследования (2003 г) в головной части мола полоса разрушенного бетонного покрытия превышает 10 м.

Населенные пункты, расположенные на побережье Баргузинского залива

Мелководная часть Баргузинского залива является результатом подъема кристаллического основания. Мощность осадков здесь небольшая, они молодые и представляют собой пологую хорошо размываемую песчанистую отмель [9]. Самый ветреный месяц в Баргузинском заливе за безледный период май. Обычно в середине месяца происходит вскрытие озера ото льда. Направление дрейфа ледяных полей определяется ветровым режимом. Примерно в 30% случаев в мае дуют ветры с озера, нагоняя лед на берег. Волны преимущественно невысокие, летом около 20 см. Штормовые явления и высокие волны наблюдаются осенью с конца сентября до ледостава. Высота волн достигает 3 м, поздней осенью сопровождается образованием наплесков и торосов высотой до 3,5 м [10]. Колебания уровня Байкала, как в период его естественного режима, так и после зарегулирования плотиной Иркутской ГЭС, имеют выраженный сезонный и циклический характер (таблица 1). В сезонном цикле уровень Байкала начинает постепенно повышаться еще до вскрытия льда в апреле. Подъем уровня озера продолжается в течение всего теплого периода, достигая максимума в большинстве лет в сентябре, а в отдельные годы – в конце августа или начале октября.

Таблица 1 - Характеристика уровня воды в оз. Байкал на участке Турка-Максимиха

Уровень	Сантиметр над нулем поста	м ТО	М БС-77
Средне многолетний	251	456.85	456.35
Наивысший 0,5%	362	457.96	457.46
Наивысший 1 %	343	457.77	457.27
Наивысший 5%	303	457.37	456.87
Ср.месячный за период вскрытия	175	456.09	455.59
Ср. мес. за период замерзания	206	456.40	455.90
Наинизший наблюдаемый (1982 г.)	95	455.29	454.79
Наивысший наблюдаемый (23.09.1988 г.)	304	457.38	456.88

Интенсивность подъема уровня вод Байкала и период его максимума в году зависят от количества атмосферных осадков, выпадающих в водосборном бассейне озера, величины накопления снега к весне и интенсивности его таяния. После достижения

максимума происходит спад уровня озера до апреля, когда он опускается до своего минимального значения в году. Спад уровня обуславливается уменьшением поступающего в озеро стока в холодный период года из-за меньшего количества выпадающих атмосферных осадков и накоплением их в виде снега. Интенсивность спада уровня выше в октябре-декабре, до наступления ледостава, чем в январе-марте, так как осенью на уменьшение уровня влияет испарение с водной поверхности озера.

Село Максимиха

Село Максимиха расположено на восточном берегу оз. Байкал, на юге Баргузинского залива, в 25 км юго-западнее устья р. Баргузин, южнее устья р. Максимиха (рисунок 4). Село входит в состав рекреационной местности регионального значения «Баргузинское побережье Байкала». Здесь расположено 26 туристических баз, домов отдыха, пансионатов. Это ООПТ, используемая для кемпинговой, пляжной, туристической и др. рекреации и нуждающаяся в особом режиме охраны окружающей среды и регулировании антропогенной нагрузки.

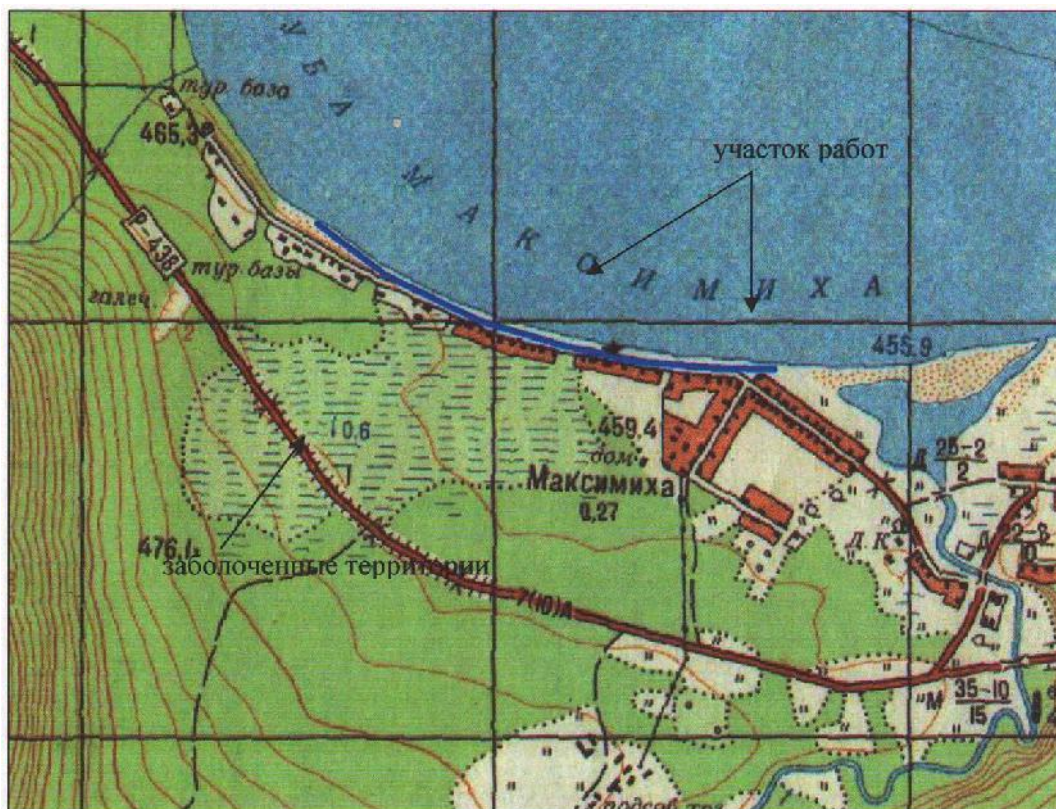


Рисунок 4 - Топографическая карта расположения с. Максимиха с участком развития абразии берега

Абсолютные отметки территории поселения колеблются от 455 до 457 м БС, уклон поверхности направлен в сторону озера. Территория расположена в пределах прибойной зоны оз. Байкал. Берег озера пологий с выраженным уступом, подверженный разрушению. В 2010 году проведено комиссионное обследование участка обрушения

берега от устья реки Максимиха до западной границы села. Общая протяженность участка берегообрушения составляет 1300 м, включая 150 м разрушенного участка берегоукрепления ряжевого типа, возведенного в 1998 году прошлого века (рисунок 5). Это инженерное сооружение ремонту не подлежит в связи с фактическим износом (засыпка ряжа через отверстия ряжа вымыта на 40-50% объема). Береговой уступ подвергается разрушению в период штормов при ветрах северного, северо-западного, северо-восточного направления и при ледовых надвигах. Ширина зоны размыва берега за период с 1998 года составила около 20 м., в зоне обрушения находится линия электропередач (ВЛ 10 кВ) протяженностью 1,3 км, грунтовая автодорога, а также жилые, дачные дома и туристические базы, расположенные непосредственно за дорогой. По сравнению с закрепленным в 1998 годом участком, берег размывает глубже на 6-7 метров. Интенсивность размыва берегового уступа составляет до 0,5-0,7 м /год.

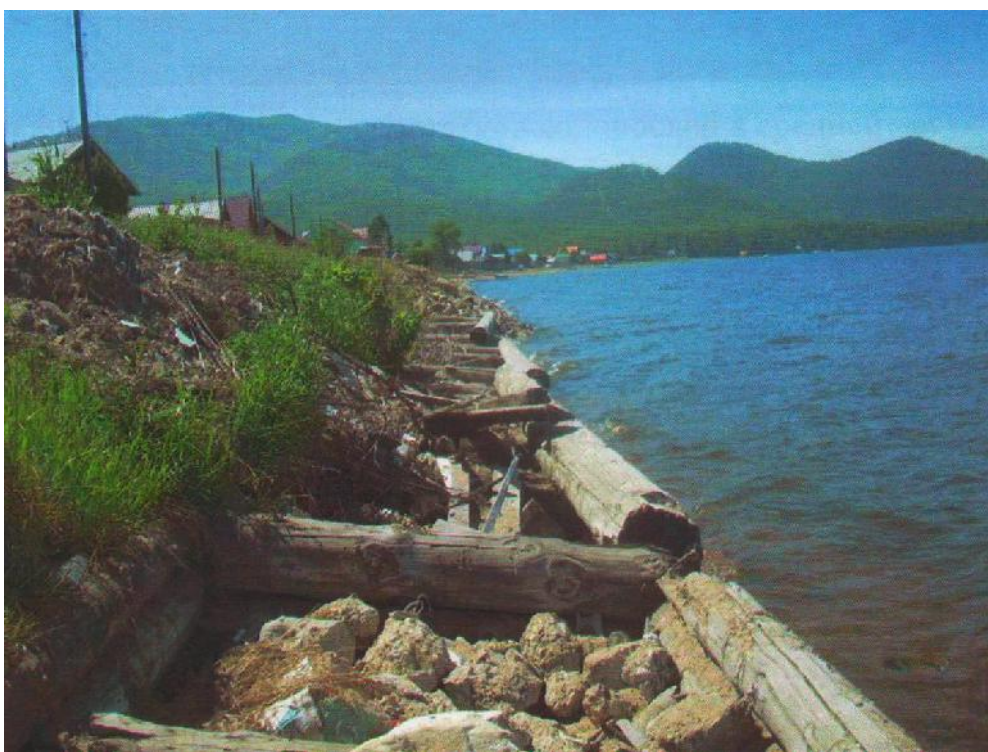


Рисунок 5 - Инженерное сооружение защиты берега ряжевого типа в с. Максимиха

По результатам обследования 2010 г до ряда жилых домов оставалось не более 4-5 метров не размывающего берега. При штормовой погоде волна накатывает до домов, в осеннее время проезжая часть улицы, прилегающие дома и постройки покрываются льдом. Проезжая часть улицы и берег в восточной части подсыпается хозспособом, на этом участке сохранились отдельные массивы камня. Дорожная подсыпка из мелкого щебенистого грунта и ПГС смывается волнами за 1 сезон. Всего в опасной зоне расположено 8 жилых домов, 1 магазин, 3 турбазы, 1 дачный домик, внутренняя

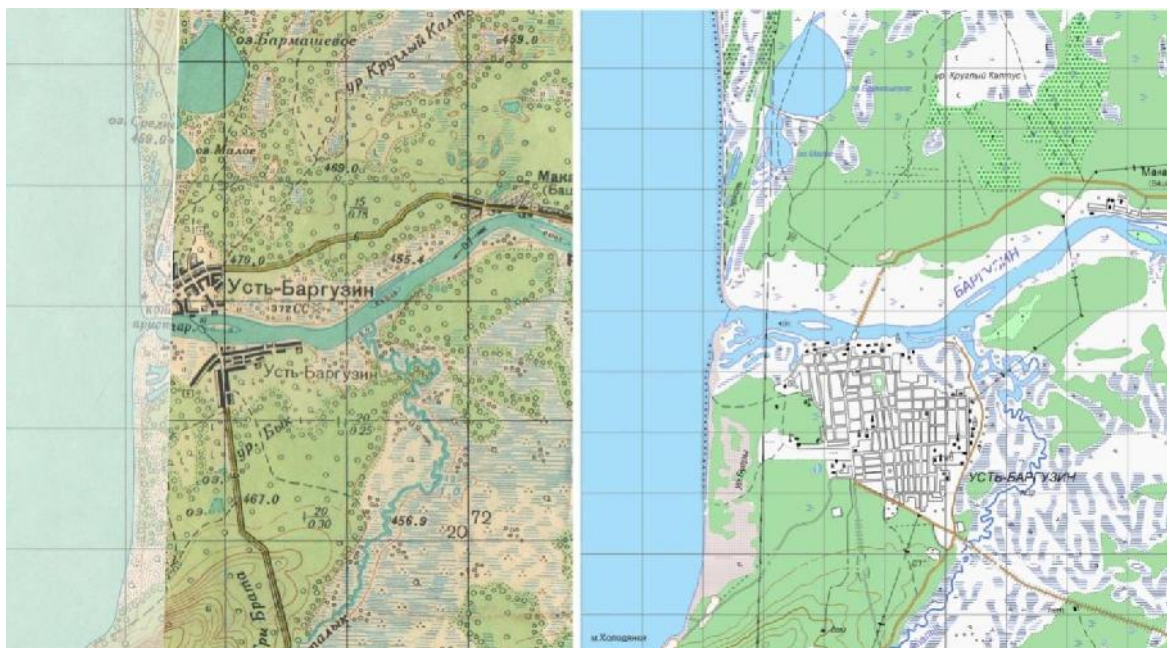
автодорога (улица), ЛЭП. Общая площадь зоны вероятного обрушения составляет 13 га. Берег сложен песчано-гравийными, в большей части песками крупно, среднезернистыми, легкоразмываемыми. На западной окраине берег сложен суглинистыми песками. Высота бровки размыва около 1 м, разрушение берега происходит с образованием пологой береговой отмели (пляжа). Ширина отмели не более 20 м. При сезонных колебаниях уровня озера происходит размыв отмели. Геологический разрез береговых отложений сложен аллювиально-озерными несвязанными грунтами голоценового возраста. Грунты зоны аэрации представлены малой и средней степени водонасыщения. Расчетное сопротивление грунтов находится в пределах 200-500 кПа. На глубине 0 - 1,6 м вскрыты грунтовые воды, которые приурочены к отложениям голоценового возраста, представленными песками, гравием с галькой. Прилегающие к селу территории, расположенные в долине реки Максимиха, низинные, частично заболочены.

В пределах береговой полосы с. Максимиха в 2013 году возведены берегоукрепительные сооружения габионного типа протяженностью 1295 м. Конструкция состоит из двух линий коробчатых габионов, расположенных в плане параллельно, в высотном отношении с разницей 0,5 м. Объем коробчатых габионов составляет 2450 м³, матрацев Рено 192 м³. Общая сметная стоимость строительства в ценах 2013 года составляет 25094,84 тыс. руб. На восточном и западном концах участка, где повышаются высотные отметки берега, конструкция состоит из двух линий коробчатых габионов, расположенных друг на друге, со сдвижкой в плане на 0,5 м. Все коробчатые габионы неразрывно связаны между собой проволокой и имеют единую цельносвязанную конструкцию. По длине конструкции предусмотрено 8 сходов к воде, выполненных из матрацев Рено и являющихся дополнительным связующим звеном между двумя линиями коробчатых габионов.

За прошедший после возведения этих береговых укреплений период часть этого инженерного сооружения в результате воздействия абразионных процессов пришла в негодное состояние, и не выполняет свое предназначение.

Поселок Усть-Баргузин

Поселок Усть-Баргузин ранее располагался на правом берегу реки Баргузин в ее приустьевой части. В связи со строительством Иркутской ГЭС и предполагаемыми неблагоприятными условиями, вызванными подъемом уровня Байкала, по решению Совета Министров Бурятской АССР в 1954 году поселок переносен на левый берег (рисунок 6).



А.

Б.

Рисунок 6 - Топографическая карта района расположения п. Усть-Баргузин: А - геодезическая съемка 1942 г, Б – карта, составленная по результатам геодезической съемки 2011 г

Периодический подъем уровня Байкала проявляется в развитии процессов подтопления северо-восточной и восточной части поселка Усть-Баргузин, где в результате избыточного увлажнения формируются оползни. На побережье Байкала в районе поселка и на правом берегу р. Баргузин в результате волновой деятельности активно развиваются абразионные процессы, разрушается прибрежная полоса берега, занятая сосновым лесом. В 2021 году, в период подъема уровня озера, районная инспекция МЧС отмечала многочисленные вывалы лесных насаждений на побережье (рисунок 7).

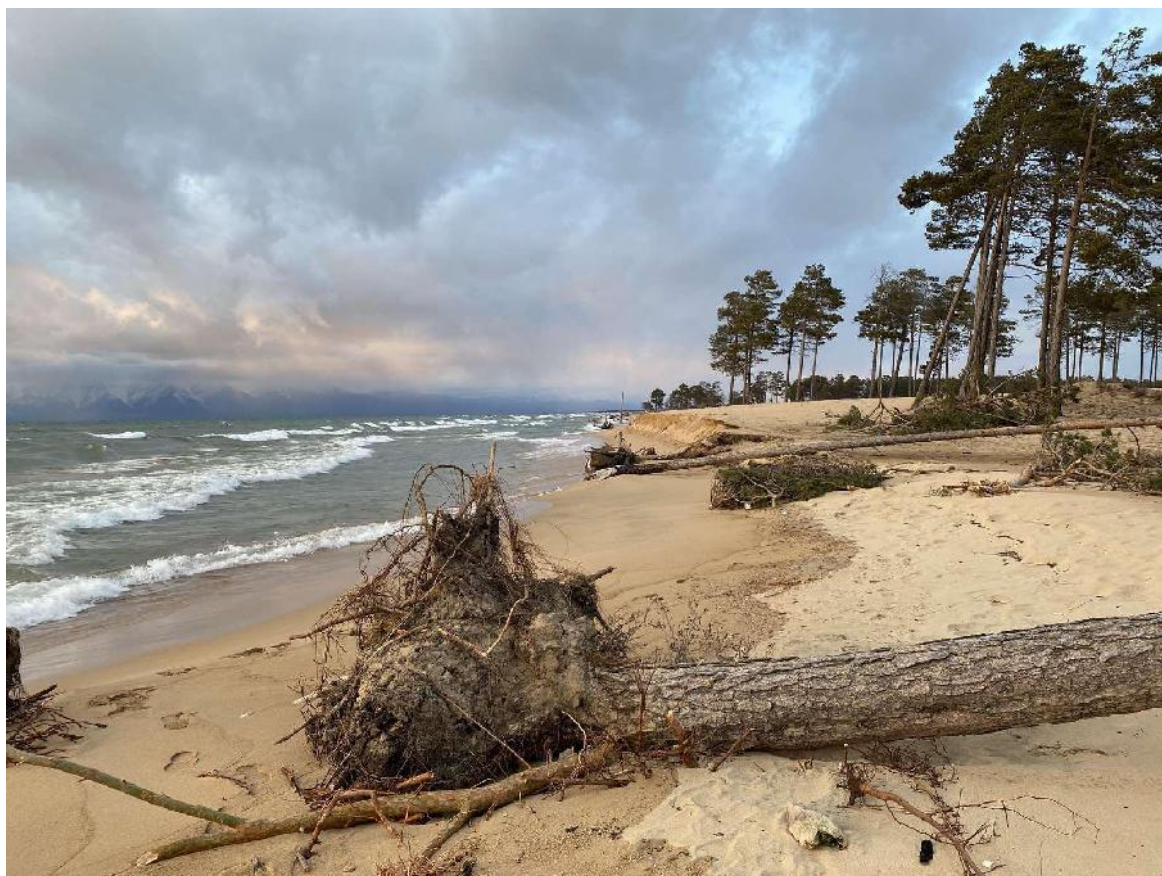


Рисунок 7 - Разрушение берега Байкала с размывом территории занятой сосновым лесом в районе п. Усть-Баргузин

Особенности климата в районе дельты реки Селенга

Существенное отепляющее влияние на температуру воды прибрежных участков озера в этом районе оказывает вынос теплых вод рекой Селенга. В связи, с этим температура воды летом в придельтовых участках реки и в заливе Провал, Посольском Соре и других – достигает $+22^{\circ}$ [11]. Ветровой режим характеризуется сезонной периодичностью по направлению и силе преобладающих ветров. В холодное время года преобладают ветры с суши на озеро, а в теплое – с озера на сушу. Летом эти местные бризовые и горно-долинные ветровые потоки выражены слабее, чем зимой, из-за меньшего термического контраста между озером и сушей. В ноябре, когда Байкал еще не покрыт льдом, по долинам и падам к нему с большими скоростями направляются потоки холодного воздуха со склонов горных хребтов. Усиливаются ветры западных направлений, достигая скорости в 40-50 м/с [11]. Период с октября до декабря-января (ледостав озера) волнение почти постоянно, высота волн достигает 5,5 м и более. В этот период времени происходит наиболее интенсивное разрушение берега.

Озерные осадки Байкала в дельтовой части р. Селенги представлены тремя низкими террасами: первая - 1,5-3,0 м, вторая - 4-6 м и третья - 10-12 м. Террасы сложены частицами $< 0,01$ мм, которые подвержены интенсивному размыву [12]. Первая терраса

встречается в районе сел Посольск, Энхэлук и представлена серыми тонкозернистыми и глинисто-иловатыми супесями, переходящими в белесовато-бурые глины с разнотоннозернистым песком. У основания ее обнажаются галечники и мелкие валуны, которые ничем не отличаются от современных пляжевых отложений [3]. Исследования береговых ландшафтов в дельте р. Селенги показали, что сильный размыв берегов наблюдается на участке побережья, сел Оймур, Энхэлук, Поворот. Они располагаются на 4-6-метровой террасе, сложенной комплексами аллювиальных, аллювиально-озерных, аллювиально-дельтовых отложений песчаного и песчано-иловатого состава. Довольно значительный размыв характерен и для 1,5-3,0-метровой байкальской террасы, состоящей из песков и суглинков, на которой располагаются села Корсаково, Степной Дворец, Сухая, Заречье, Истомино, Посольск. За 40 лет наблюдений (репера заложены в 1962 г.) в результате абразионной деятельности берег был значительно разрушен, а затем размыв: в с. Старый Энхэлук - 24,5 м; с. Сухая - 28,7 м, с. Оймур (пристань, створ 1) - 41,6 м; с. Оймур (пристань, створ 2) - 36,25 м; с. Посольск - 41 м; бывший рыбпункт Поворот - 82,4 м [13].

Село Оймур

Село Оймур расположено на берегу залива Провал в Кабанском районе Республики Бурятия, строения и инженерные сооружения села занимают территорию от дельты реки Оймурка до устья реки С. Молька. На этом отрезке берега озера Байкал выделяются два участка с наибольшей интенсивностью берегообрушения (рисунок 8).



Рисунок 8 - Местоположение села Оймур с участками берегоукрепления, проведенными в 2013г

Участок №1. Участок берегообрушения от р. Оймурка до территории рыбзавода протяженность 870 метров. Берег оз. Байкал на данном участке сложен из мелких песчаных и супесчаных грунтов, легко размываемых при волновом и ледовом воздействии. Высота обрыва берега (берегового уступа) около 6 м, прибрежная отмель слабо развита, составляет всего около 4-5 метров. Она сложена из мелких песчаных грунтов. К территории рыбзавода берег понижается до 3-х метров. В результате волнового воздействия идет вымывание грунта в основании откоса, с образованием «козырьков» в верхней части. Далее происходит отрыв и обрушение крупных блоков пород. Низовая часть откоса разрушается с образованием осыпей. Прилегающая к бровке берега территория покрыта трещинами отрыва, местами, захватывающими массивы до 1 м шириной и длиной до 5-6 метров. Пребывание на данной территории опасно для населения и сельскохозяйственных животных [14].

Наиболее интенсивно берегообрушение происходит в период осенних штормов, когда преобладают западные и северо-западные ветры. Переработка берега может достигать до 3-х метров за один шторм. Также при ежегодных подвижках льда при установлении и разрушении ледостава происходит надвиг ледовых массивов, с механическим разрушением берега. В районе разрушения береговой полосы акватория озера Байкал шириной около 100 метров сильно загрязнена взвешенными веществами.

Ежегодно в оз. Байкал попадают тонны грунта, загрязняющие воду взвешенными веществами. В среднем разрушение берега происходит со скоростью 2-4 метра в год.

От береговой полосы до жилой застройки около 35-45 м. В непосредственной опасности расположено 22 жилых дома, с численностью проживающих 77 человека. До здания рыбзавода осталось 20 м [15].

Участок №2. Этот участок имеет протяженность 750 метров. Высота берегового уступа составляет от 4,5 до 6 метров, береговая отмель 5-10 метров. Береговая полоса покрыта трещинами отрыва, на участках даже незначительного поверхностного стока воды в озеро наблюдаются глубокие промоины. За период наблюдений с 2010 г. по 2012 г. разрушение берега в районе рыбзавода составила около 5 м. Вода оз. Байкал сильно загрязнена взвешенными веществами и растительными остатками. Полоса прибойной зоны шириной около 100 метров загрязнена взвешенными веществами.

В 100-150 метрах от этих участков проходит автодорога районного значения, линия электропередачи. Разрушающиеся участки береговой полосы представляют реальную угрозу производственным объектам и населению с. Оймур. Численность населения попадающего в опасную зону составляет 80 человек.

По данным обследования в 2013 году на территории МО СП «Оймурское» смыто около 50 000 м² прибрежной полосы залива Провал. Разрушение берега за счет абразионных процессов и образования оползней происходит на протяжении 5 километров. На данной территории находятся сельхозугодия, земельные участки личных подсобных хозяйств жителей с. Оймур, а также пастбищные земли. В зону разрушения попадает линия электропередач. Береговая полоса вплотную подошла к рыбзаводу и жилым домам (рисунок 9).



Рисунок 9 - Берег залива Провал, территория рыбзавода с. Оймур

Для ослабления негативного воздействия абразионных процессов разработан проект возведения защитных инженерных сооружений откосного типа, общая стоимость строительных работ составляет 119066,1 тыс. руб.

Села Шигаево, Ранжурово, Степной Дворец

Эти села располагаются на левом берегу дельты реки Селенга. Береговая полоса подвергается интенсивному подтоплению и размыву. Для защиты поселений в 1941 году сооружена Кабанская защитная дамба протяженностью 28,7 км. Высота дамбы составляет 1,2-2,5 м, ширина по верху 3,5-4,5 м. Это инженерное сооружение подвергается подмыву и абразии, ежегодно выделяются средства для ее ремонта. Произведен расчет ущерба, который может быть нанесен юридическим и физическим лицам при ее разрушении, он составляет 153674,426 тыс. руб. [16].

Село Посольск

Село Посольск расположено у основания северной песчаной косы Посольского Сора, отделяющего этот залив от Байкала. Озерные осадки Байкала в дельтовой части р. Селенги представлены тремя низкими террасами: первая - 1,5-3,0 м, вторая - 4-6 м и третья - 10-12 м. Первая терраса встречается в районе сел Посольск и Энхэлук и представлена серыми тонкозернистыми и глинисто-иловатыми супесями, переходящими в

белесовато-бурые глины с разнотернистым песком. У основания ее обнажаются галечники и мелкие валуны, которые ничем не отличаются от современных пляжевых отложений [17].



А.

Б.

Рисунок 10 - Карта района расположения села Посольск: А. геодезическая съемка 1942 г, Б – съемка 2011 г

В связи с изменением уровня озера песчаная коса интенсивно размывается. Юго-западная часть села, где располагается старейший в Забайкалье Посольский монастырь, основанный в 1681 году, который является историческим и культурным памятником РФ, подвергается абразионному воздействию волн. Юго-восточная часть села подвергается подтоплению. После подъема уровня озера к востоку от села сформировался водоем, увеличилась площадь заболоченных земель в окрестностях села (рисунок 10).

Побережье с. Танхой – ст. Мысовая

Оползни в рассматриваемом районе развиваются преимущественно в неогеновых отложениях, слагающих цоколи озерных террас [18]. Слабая литификация этих пород, неоднократное переслаивание водоупорных глин и водонасыщенных песков, а также высокая неотектоническая и сейсмическая активность, предопределили ведущую роль оползневого процесса в формировании озерных склонов на этом участке побережья оз. Байкал [19]. Здесь следы древних оползней фиксируются как на надводной, так и в подводной частях байкальских склонов [9]. Поверхность склона большей частью покрыта корой выветривания, озерно - речными отложениями и осыпями. Между реками Малый Мамай и Осиновка-Кедровая на расстоянии 10 км длина оползневого склона составляет 1,5 км. Всего вдоль южного берега Байкала в поле развития четвертичных отложений был выявлен 21 подводный оползень [20].

2. Анализ данных о современном состоянии песчаных островов Ярки, островов в Ангарском Соре в северном Байкале, острова Карга-Бабыя, п-ова Карга, островов в дельте Селенги в Центральном Байкале, подвергнутых размыву в связи с подъемом уровня Байкала при строительстве Иркутской ГЭС

Наиболее интенсивному разрушению после подъема уровня оз. Байкал подверглись песчаные бары, которые сформировались в местах впадения в озеро крупных рек, приносящих взвешенный материал. Песчаные бары отделяют мелководные заливы от акватории озера. В заливах сформированы благоприятные условия для развития биоты, они выполняют важную роль для восполнения рыбных ресурсов, поэтому деградация островов скажется на экологическом состоянии всего озера.

Архипелаг островов Ярки

Рассматриваемый участок берега, общей протяженностью около 17,5 км представляет собой песчаный бар, который называется острова Ярки (рисунок 11). Архипелаг островов располагается между устьями рек Кичера и Верхняя Ангара. В настоящее время, когда-то единый остров Ярки, разбит на три фрагмента. Первый фрагмент представляет собой остров, протягивающийся от устья р. Кичера к юго-востоку на расстояние 7 км. Второй фрагмент острова, протяженностью 4,7 км, разделяется с первым сто двадцатиметровым проемом. Третий фрагмент острова имеет протяженность 580 м, он отделяется от второго проемом, протяженностью 2,4 км. С восточной стороны третий остров ограничен протокой Власиха. Река Верхняя Ангара впадает в оз. Байкал двумя рукавами: собственно, Верхняя Ангара и протокой Власиха. Между ними расположен остров Миллионный [21].

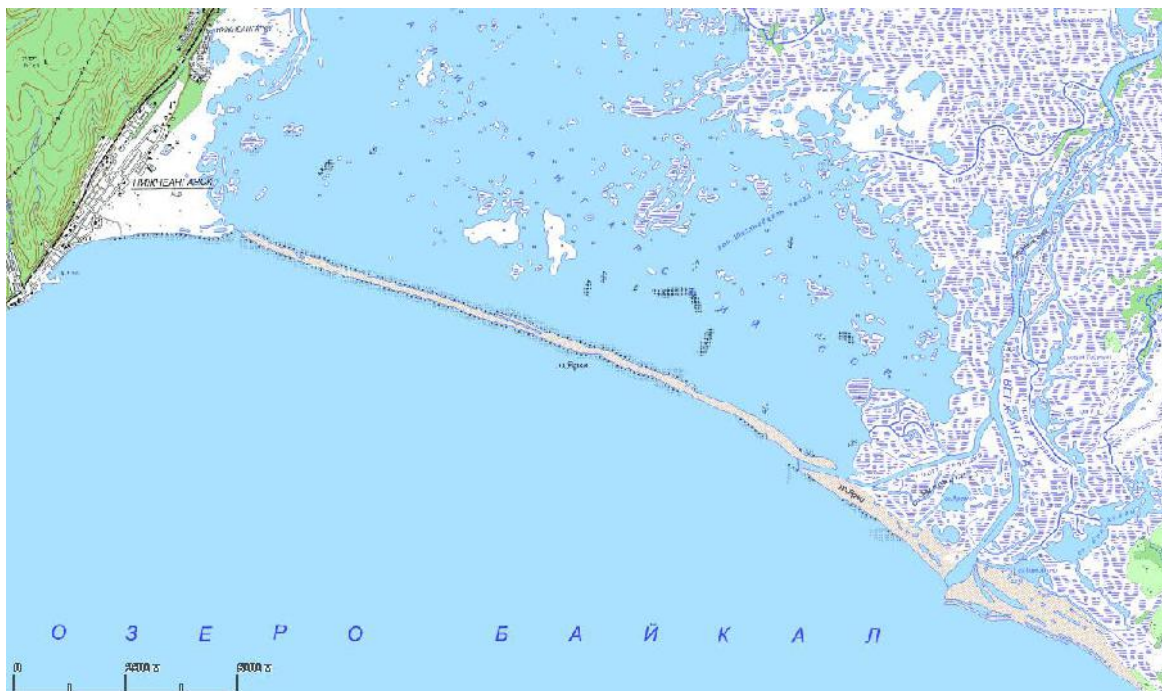


Рисунок 11 - Топографическая карта северной части озера Байкал с архипелагом островов Ярки

К устьям рек Кичера и Верхняя Ангара примыкают косы: на западе, в районе поселка Нижнеангарск, а на востоке в районе местность Дагары. Коса, расположенная западнее устья реки Кичера и отделяющая заболоченную лагуну, протяженностью около 3 км. Ее относительно ровная поверхность с небольшими эоловыми буграми покрыта травянистой растительностью. В корневой части коса сложена галькой, крупность которой постепенно уменьшается и в 1,5 км от основания переходит в гравий, а ее дальний конец сложен средне и мелкозернистым песком [22].

Коса у восточного берега оз. Байкал (восточнее устья р. Верхняя Ангара) имеет сложное строение и состоит из двух разновозрастных дюн, плавно сопрягающихся с коренным берегом, образуя залив – Дагарскую дугу. Гряды разделены низкой, заболоченной ложбиной. Расположенная со стороны Ангарского Сора более древняя система дюн возвышается над уровнем озера на 7-8 м. Их поверхность покрыта зарослями кедрового стланика и лиственницы. Характерная деталь рельефа – глубокие (до 4-7 м) борозды, вытянутые поперек простираия дюн, образованные за счет выдувания песка.

Согласно материалам лоцманской карты 1958г. общая протяженность песчаных кос и бара (остров Ярки) составляла около 27км. Ширина бара в районе устья реки Кичера достигала 600 м. В 1959 году уровень озера Байкал, в связи со строительством Иркутской ГЭС, впервые был поднят на 0,8 м и достиг проектной отметки 456,48 метра. В соответствие с картографическим материалом, датированным 1966 годом, ширина бара в районе устья р. Кичера составляла только 400 м, уменьшаясь до 200 м в центральной

части острова. На подходе к устью р. Верхняя Ангара, ширина бара вновь увеличивалась: к протоке Власиха до 600 м и реке Верхняя Ангара до 700 м. В естественных условиях западный конец бара на протяжении 2 км, считая от устья р. Кичера, возвышался над средним уровнем Байкала всего на 1,5 – 2,0 м [23]. По данным инженерно-геодезических изысканий, выполненных в 2006 г. НИЦ «Морские берега» ширина бара вблизи устья р. Кичера резко сократилась, она составляет всего 40-42 м [24].

Ширина косы вблизи устья р. Кичера колеблется в пределах 10-30 м, а устье реки расширилось до 180 м. После подъёма уровня озера в среднем на 0,8 м штормовыми волнами низкие участки бара были размыты. В результате этого сплошная полоса острова Ярки от устья Кичеры до протока Власиха оказалась разделенной промоинами на 3 фрагмента. Длина самой большой промоины превышает 2,3 км. В результате этого суммарная протяженность островов, включая и остров Миллионный, уменьшилась на 3,7 км и к 2007 году составляла 14,4 км.

Первый фрагмент острова, считая от устья Кичеры, протяженностью 7 км, в 2007 году был отделен от второго промоиной шириной около 100 м и глубиной более 2 метров. Со стороны озера этот фрагмент бара обрамлен полосой песчаного пляжа, ширина которого с запада на восток уменьшается с 40 до 5 м. Со стороны Ангарского Сора по урезу воды располагается торфяной вал, высотой от одного до двух и более метров, образованный в результате надвига льда. Пляжа нет. Сразу от подошвы вала начинается песчано-илистое дно. Местами глубина у внешнего края вала достигает 0,5 м. Первый фрагмент острова по своему рельефу можно разделить на 2 части: западную низкую и восточную – высокую, в пределах которой развиты дюны. От устья р. Кичеры на восток, на протяжении 1,8 км простирается низкая часть острова. В пределах этой части первого фрагмента наибольшие отметки поверхности, не превышают 456,8 – 456,9 м БС. Они располагаются в тыльной части штормового вала песчаного пляжа, расположенного с открытой стороны озера. Эти отметки незначительно превышают нормальный подпорный уровень (НПУ). Далее в сторону Ангарского Сора отметки понижаются. Вся остальная часть первого фрагмента острова с отметками 456,20 – 456,40 м БС подтоплена и заросла травой.

Далее на восток от рассматриваемой (низкой) части первого фрагмента острова отметки повышаются, в связи с развитием дюн, поросших кустарником и древесной растительностью. Эта гряда дюн, отметки которой варьируют от 458 до 459,4 м БС, отделяет от озера низкую часть острова с отметкой от 456,2 до 456,4 м БС, которая протягивается с запада на восток практически вдоль всего первого острова.

Второй фрагмент острова длиной 4,7 км также включает две разные по морфологическому облику части. Западный фланг второго фрагмента протяженностью 2,5 км и шириной 70-90 м низкий с ровной песчаной поверхностью, практически лишенной растительности. Максимальные отметки, приуроченные к современному береговому песчаному штормовому валу, образованному при воздействии волн, не превышают 456,70 -456,80 м БС. Эта часть бара возвышалась над уровнем озера на момент съемки (сентябрь 2006 г.) всего на 0,1 – 0,5 м и во время осенних штормов волны переливаются через приурезный пляжный вал, вода по ложбинам стекает в Ангарский Сор. Незатопленными остаются лишь редкие эоловые бугры, возвышающиеся над поверхностью бара на 0,5 – 0,7 м. В этой низкой части пересыпи имеются 2 ложбины, которые при высоком стоянии уровня затапливаются. В это время сохраняются лишь узкие полоски песчаного берегового вала со стороны озера, через которые даже при слабом волнении перекачиваются волны. Это место, где в ближайшие годы могут возникнуть новые промоины.

На восточном фланге второго фрагмента, протяженностью 2,2 км, поверхность повышается в среднем до отметок 459 – 461 м БС, при этом ширина бара увеличивается до 100 – 110 м. Эта часть представлена системой дюн, возвышающихся от 3 до 7 м над уровнем озера. На всем протяжении высокая часть острова со стороны озера интенсивно размывается волнами, особенно на восточном конце. По подошве размываемых дюн располагается узкий, шириной 3 -6 м песчаный пляж. Со стороны Ангарского Сора эта часть острова оконтурена почти сплошной полосой торфяного вала, высотой 1 -1,5 м. Местами таких валов может быть два и даже три [25].

Между вторым и третьим фрагментами острова Ярки на месте низкой части бара образовался промой, шириной около 2,3 км. У восточного конца второго фрагмента острова в рельефе дна промоя выделяется поперечная ложбина, глубиной около 2 м. На остальной части подводного бара, расположенного между 2 и 3 фрагментами островов Ярки, глубины при нормальном подпорном уровне озера не превышают 0,6 – 0,8 м. Ширина этой затопленной части бара между горизонталями 455,5 м БС, проходящими со стороны озера и Ангарского Сора, в среднем, составляет 140 – 170 м. Абсолютные отметки на плоском подводном гребне находятся в пределах 455,70 – 455,90 м БС. Со стороны Ангарского Сора склон бара крутой, что свидетельствует о смещении этой формы в сторону Сора.

Длина третьего фрагмента острова в настоящее время составляет всего 580 м при ширине, изменяющейся от 20 до 40 м. Отметка самой высокой части острова составляет 459,2 м БС, что на 3,3 м выше среднего уровня озера. Дюны здесь слились в сплошной

песчаный вал с отдельными вершинами. Поверхность вала задернована. Центральная часть и самый западный конец третьего фрагмента подвержены размыву. Ширина пляжной полосы со стороны озера колеблется от 5 до 10 м, а в середине острова уменьшается до 1 – 2 м.

Четвертый фрагмент бара Ярки – остров Миллионный отделен от третьего протокой Власиха и обширным мелководьем, образовавшимся на месте размывтой западной части острова и представляет собой аккумулятивную форму, образованную выносами р. Верхняя Ангара. При низких уровнях, отмечаемых весной и в начале лета, мелководье обсыхает, и длина острова увеличивается более чем на 1 км. При высоком уровне (456,3 м БС) длина этого аккумулятивного образования составляет 2 км при максимальной ширине – 80 м. Отметки наиболее высокой части острова составляют 458,5 – 458,8 м БС и только несколько отдельных вершин достигают 459,3 м БС. Высокая часть острова покрыта кустарниковой растительностью, а остальная, за исключением пляжной полосы, задернована. К юго-восточному концу острова со стороны Ангарского Сора примыкает обширное торфяное болото, выходящее на правый берег реки Верхняя Ангара.

Поверхность островов меняется под воздействием волновых, эоловых, криогенных процессов. Во время продолжительного шторма на пляже образуются ритмичные формы рельефа (фестоны) с частотой 30-100 м, которые формируются в зоне заплеска волн. В лагуне при этом образуются абразионные уступы высотой до 0,5 м [26]. Под действием напора льда из лагуны выпираются торфяные поля и на пляже образуются валы [27].

Песчаный бар залива Сор

Этот песчаный бар отделяет заливы Сор и Малый Сор от Байкала. Он сформировался за счет приноса песчаного материала реками Култушная, Абрамиха, Толбазиха, Большая Речка 500-600 лет назад после опускания части суши [1]. Ранее бар был полуостровом аккумулятивного типа, протягивающегося в северо-восточном направлении на расстояние 13,5 км (рисунок 12). Полуостров был разделен проливом Прорва на южную и северную часть. Ширина пролива не превышала 100 м. Южная часть полуострова имела протяженность 7.25 км, северная 6.15 км. Наибольшая ширина южной части полуострова достигала 380 м, северной 270 м. Максимальные отметки высот находились в северной части полуострова, достигая 463 м БС. В средней части полуострова абсолютные отметки понижались до 455,7 м БС. Затем далее к югу абсолютные высоты возрастали до отметок 457.9, 458.1, 459.0 м БС.



Рисунок 12 - Топографическая карта района залива Сор 1:50000 масштаба, составленная по материалам съемки 2011. Черной ломаной линией путем наложения показан контур полуострова Карга с карты, созданной по материалам геодезической съемки 1942 г

После подъема уровня озера полуостров подвергся интенсивному размыву. На рисунке видно, что изменилась протяженность южной и северной части бара. В результате подъема уровня озера, в средней части бара сформировался промой шириной 1.08 км. Его образование произошло не на месте существовавшего ранее пролива Прорвы, а севернее за счет размыва песков бара. В результате северная часть полуострова стала короче, его длина составляет 5.4 км. Южная часть бара стала длиннее, на период проведения геодезической съемки в 2011 году ее длина составила 7.02 км. Наибольшая ширина полуостровов не превышает 160 м. Общая площадь этого песчаного бара сократилась с 1.8488 км² до 1.4406 км². Площадь южного полуострова сократилась на 0,078 км², северного – на 0.33 км². В результате подъема уровня озера изменилась конфигурация бара, исчезли выступы и мелкие заливы на стороне, обращенной к Сору.

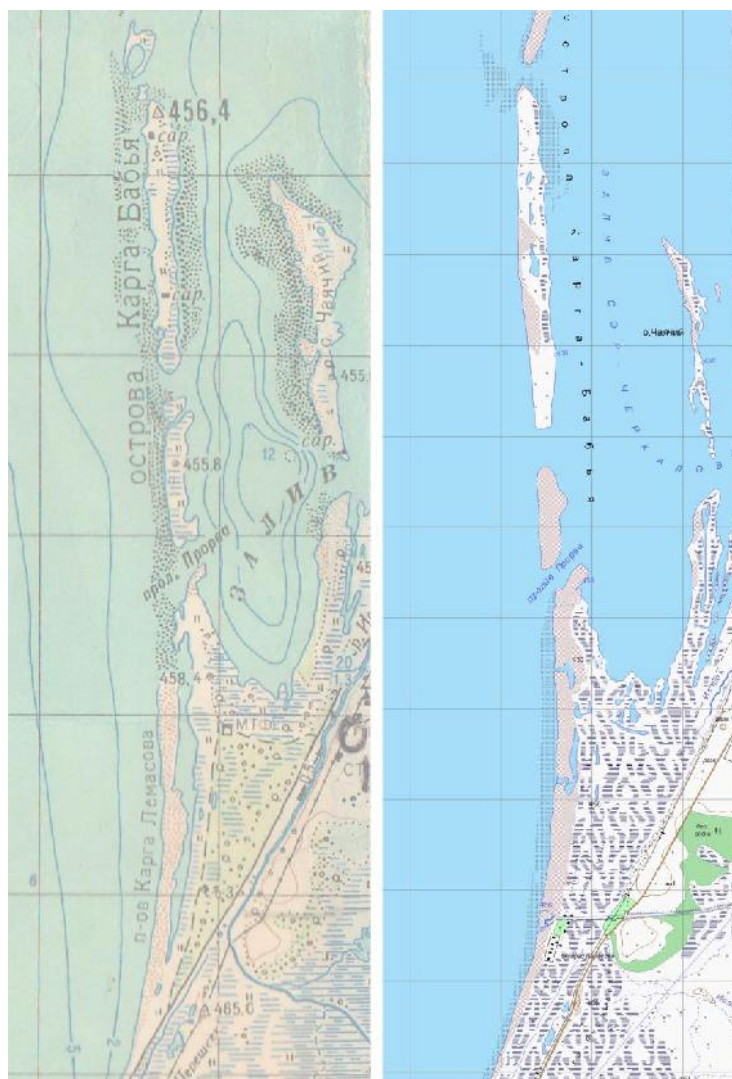
Поверхность бара стала ровной, без бугров и впадин. Под воздействием волн западного направления песчаные отложения, слагающие бар, сместились в сторону Сора, особенно это хорошо видно в его южной части. Повышение уровня активизировало размыв берегов повсеместно [28]. В результате чего усилился вдольбереговой поток наносов. В настоящее время основной поток наносов формируется волнением северо- и юго-западных румбов [29]. Процесс переформирования песчаных отложений не прекратился, полуостров продолжает интенсивно размываться в период осенних штормов. Если не проводить берегозащитных мероприятий песчаные косы будут полностью размыты [30].

Дельта реки Селенга

Основными природными факторами, оказывающими влияние на дельту Селенги, являются колебания уровня Байкала, гидрологический режим речной сети и ландшафтные характеристики [31]. Динамичность субаэральной поверхности дельты, обусловленная современными эрозионно-аккумулятивными процессами в наибольшей степени, проявляются в периоды повышенной водности, что способствует высотным и плановым перестройкам рельефа и гидрографической сети. В 1986 году площадь дельты составляла 602 км², в 1998 г – 535 км², в 2007 – 558 км², в 2011 – 543 км². Основной причиной уменьшения площади является затопление поверхности, возможно связанное с уплотнением дельтовых отложений [32]. Конфигурация и морфометрические параметры русел и островов быстро варьируют в пространстве и во времени. Происходит изменение фарватера реки, размыв островов и образование новых [33].

Полуостров Карга Лемасова, острова Карга Бабья, остров Чаячий

В результате подъема уровня озера и активизации абразионных процессов произошла коренная перестройка конфигурации побережья в районе залива Сор-Черкалова. Этот когда-то живописный берег был местом отдыха населения на протяжении очень продолжительного времени. С карт исчез полуостров Карга Лемасова, площадь которого составляла 0,6465 км² (рисунок 13).



А.

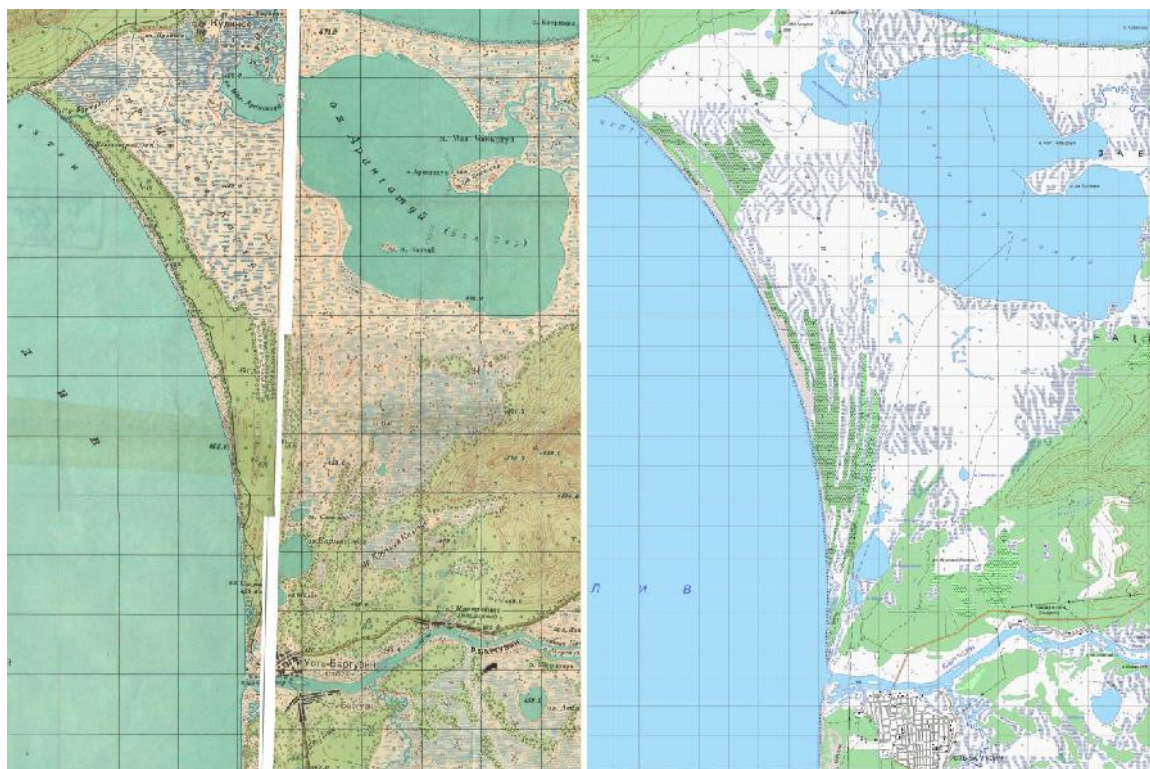
Б.

Рисунок 13- Карты побережья озера Байкал в районе с. Исток (М 1:50000): А – по результатам геодезической съемки 1942 г, Б – по результатам съемки 2011 г

В результате волновой деятельности пески, слагающие этот полуостров, передвинуты к берегу. Соответственно исчез и залив, который отделял этот полуостров от берега. В этом мелком заливе вода хорошо прогревалась и на его берегу останавливались многочисленные отдыхающие. Южный остров Карга Бабя уменьшился в размерах, его площадь до подъема уровня Байкала была $0,4117 \text{ км}^2$, а в 2011 году составляла всего $0,2536 \text{ км}^2$. Существенно сократилась площадь острова Чаячий, до подъема уровня озера он имел площадь около одного квадратного километра ($0,9776$), а после подъема всего $0,2752 \text{ км}^2$. Произошло заболачивание земель на обширной территории, прилегающей к крутому береговому уступу. В целом эта местность потеряла привлекательность для организации рекреации населения. Реальные шаги по выводу этого уникального места могут быть связаны с созданием на этой территории охраняемой территории [34].

Баргузин-Чивыркуйский перешеек (Мягкая Карга)

Мягкая Карга образовалась в результате выполнения осадками Баргузинско-Чивыркуйского пролива в течение 2-10 тыс. лет [35]. Рельеф перешейка сформирован несколькими сериями береговых валов разного возраста. Они формировались при разных уровнях озера с обеих сторон Баргузин-Чивыркуйского пролива [36]. Генезис многочисленных озер связывается с развитием криогенных процессов [37]. На перешейке длительное время существует уникальный водный объект – содовое озеро Бормашовое, которое располагается в 800 м от пресноводного Байкала [38]. В результате подъема уровня озера Байкал в этом уникальном месте полуострова Святой Нос произошли значительные изменения (рисунок 14). Когда-то залесенный западный берег потерял значительную часть соснового массива. Изменение уровня оз. Байкал сказалось не только на подъеме грунтовых вод, но и на изменении гидрографической сети, река Буртуй уже не впадает в Баргузинский залив, а доходит только до болотного массива. Широкое распространение получили болота [39]. Происходят изменения в направленности развития болот, связанные с их гидрологическими, гидрохимическими, микробиологическими характеристиками. Затоплены места разгрузки азотных термальных вод [40]. Вместо сосредоточенной разгрузки, термальные воды стали разгружаться на большой площади, смешиваясь с болотными водами.



А.

Б.

Рисунок 14 - Топографические карты Баргузин-Чивыркуйского перешейка: А – по результатам геодезической съемки 1942 г, Б – по результатам съемки 2011 г.

В результате подъема уровня озера активизировались процессы размыва и переноса песчаных отложений, слагающих пляж на побережье Баргузинского залива. В многоводный период происходит подтопление и разрушение автомобильной дороги, соединяющей села Корбулик, Катунь, Монахово с материковой частью района.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Населенные пункты, расположенные на восточном побережье Байкала, страдают от интенсивного воздействия абразионной деятельности волн. В связи с подъемом уровня озера при строительстве Иркутской ГЭС активизировались оползневые процессы, подтопление и заболачивание земель, разрушения инженерных сооружений. Выявлены негативные физико-геологические явления в п. Нижнеангарск, п. Усть-Баргузин, с. Турка, с. Оймур, с. Корсаково.

Формирование песчаных кос, баров, островов происходит в результате переноса взвешенного материала вдоль берегов, образующегося при денудации склонов, абразионно-аккумулятивных процессов. Поднятие уровня воды Байкала привело к усилению экзодинамических процессов в пределах берегового уступа и формированию новейших осадков в пределах прибрежной зоны озера. Волновая деятельность в период низкого уровня озера вызывает абразию дна прибрежных отмелей, что способствует разрушению берегов при высоких уровнях. За прошедшие после поднятия уровня годы в результате абразионной деятельности берег был значительно разрушен. Наносы, образующиеся при размывах, способствуют видоизменению многих пересыпей, кос, заливов, миграции русел рек, впадающих в озеро. Этот процесс зависит от многих факторов и для прогноза его развития необходимо проведение детальных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас волнения и ветра озера Байкал. Справочное и навигационное пособие. –Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 151 с.
2. Агафонов Б.П. Экзолитодинамика Байкальской рифтовой зоны. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1990. - 176 с.
3. Вика С., Иметхенов А.Б., Овчинников Г.И., Снытко В.А., Щипек Т. Эоловые и абразионные процессы побережий у залива Провал на Байкале. - Иркутск: Из-во Институт земной коры СО РАН, 2006. – 56 с.
4. Берегоукрепление и защита участков берега оз. Байкал в Северобайкальском районе Республики Бурятия. Пристань в поселке Нижнеангарск – устье р. Кичера. - М.: ОАО Научно-исследовательский институт транспортного строительства (ОАО ЦНИИС), 2004. - в 6 томах.
5. Рабочий проект берегозащиты пос. Нижнеангарск от порта до р. Кичера. - Т.3. – Сочи: ЧО ЦНИИС, 1992. – 129 с.
6. Рекомендации по внедрению на базе опытного строительства волногасящих берм из несортированной горной массы по трассе БАМ. (Рабочие материалы за 1980 г., в 2-х книгах). Результаты расчетов. – Сочи: Черноморское отделение ЦНИИС, 1992. – 129 с.
7. Пинегин А.В., Рогозин А.А., Лещиков Ф.Н. и др. Динамика берегов озера Байкал при новом уровне режиме. – М.: Наука, 1976. – 170 с.
8. Дунаева Л.И. и др. Результаты изучения и оценка состояния геологической среды на Бурятском участке трассы БАМ и в районе Северо-Муйского тоннеля. Отчет Северо-Муйской партии и ВСЕГИНГЕО за 1988-91 гг. - Улан-Удэ, 1991. - 139 с.
9. Лут Б.Ф. Геоморфология дна Байкала// Геоморфология дна Байкала и его берегов. – М.: Наука. 1964 – С. 5-123.
10. Берегоукрепление озера Байкал у с. Максимиха Баргузинского района Республики Бурятия. – Барнаул: ООО Центр инженерных технологий, 2012. - в 12 томах.
11. Вознесенский А.В. Очерк климатических особенностей Байкала. - СПб.: Из-во Р. Голике и А. Вильборг, 1907. – 159 с.
12. Власова Л.К. Речные наносы бассейна озера Байкал. – Новосибирск: Наука, 1983. - 132 с.
13. Иметхенов А.Б. О катастрофических последствиях понижения уровня озера Байкал// Актуальные вопросы техносферной безопасности: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции п. Максимиха (15-18 сентября, 2015г.). – Улан-Удэ: Из-во Восточно - Сибирский государственный университет технологий и управления, 2015. - С. 63-68.

14. Материалы комплексного экологического обследования участков территорий, обосновывающие придание этим территориям правового статуса особо охраняемой природной территории регионального значения рекреационная местность «Побережье Байкала». МПР РБ. - Улан-Удэ, 2011.
15. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2017 году». – М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2018. – С. 107.
16. Казьмин С.Г. Расчет размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии Кабанской защитной дамбы. Управление Бурятмелиоводхоз. - г. Улан-Удэ, 2014. - 28 с.
17. Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 314 с.
18. Пальшин Г.Б. Кайнозойские отложения и оползни юго-восточного побережья Байкала. – Иркутск: Вост. Сиб. фил. АН СССР, 1955. – 201 с.
19. Мац В.Д. К стратиграфии четвертичных отложений Северного Байкала// Динамика Байкальской впадины. - Новосибирск: Наука, 1975. - С. 258-273.
20. Хандуева В.Д. Геоэкологические проблемы южного побережья озера Байкал. - Улан-Удэ, 2007. – 179 с.
- 21.Рогозин А.А. Береговая зона Байкала и Хубсугула: морфология, динамика и история развития. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма. 1993. – 168 с.
22. Мельничук Н.А., Новиков В.П. и др. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания Кичерской и Верхне-Ангарской впадин. Итоги комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:200 000. - Улан-Удэ, 1980. - 175 с.
23. Афанасьев А.Н. Береговая зона и циклические колебания уровня воды Байкала// Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1975. – С. 258-262.
24. Берегоукрепление и защита участков берега оз. Байкал в Северобайкальском районе Республики Бурятия. Архипелаг «Остров Ярки» и местность «Дагары». - Сочи: Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ Морские берега», 2007. - 64 с.
25. Афанасьев А.Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна озера Байкал. - Новосибирск: Наука, 1976. – 238 с.
26. Шепард В.Ф. Морская геология.- Л.: Недра. Ленингр. Отд., 1976. – 488 с.

27. Галазий Г.И., Лут Б.Ф. Морфолитодинамика береговой зоны и экологические последствия при изменении уровня озера Байкал// География и природные ресурсы. – 1994. - №4. – С. 15-27.
28. Кулиш Л.Я. Некоторые особенности абразии и динамики наносов в зоне влияния берегоукрепительных сооружений на юго-восточном побережье Байкала // Сб. работ Иркутской ГМО. – Иркутск, 1966. – Вып.1. – С. 95-100.
29. Казенкина Г.А., Ладохин Н.П. Донные отложения и некоторые особенности геоморфологии Посольского залива на Байкале // Исследования берегов водохранилищ и оз. Байкал. – М., 1964. – С. 92-104.
30. Сокольников Ю.Н. Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения. – Киев: Наукова думка, 1976. – 227 с.
31. Ильичева Е.А., Гагаринова О.В., Павлов М.В. Гидролого-геоморфологический анализ формирования ландшафтов дельты реки Селенги // География и природные ресурсы. - 2015. - №3. - С. 85-93.
32. Уфимцев Г.Ф. Загадка залива Провал// Наука России. – 2004. - №1. - С. 75-79.
33. Иметхенов А.Б. Катастрофические явления в береговой зоне Байкала. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят. Гос. пед. Ин-та., 1994. – 85 с.
34. Мартынов А.В., Рященко С.В., Белов А.В., Воробьев В.В. и др. Природопользование и охрана среды в бассейне Байкала. -Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 224 с.
35. Дмитриев Г.А. История осадконакопления на перешейке полуострова Святой нос (Байкал)// Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. - М.: Наука, 1968. – С. 89-97.
36. Зенкевич В.П. О происхождении береговых баров и лагунных берегов // Труды института океанологии. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 3-39.
37. Агафонов Б.П. Условия сноса продуктов выветривания с полуострова Святой Нос// Донные отложения Байкала. – М.: Наука, 1970. – С. 29-42.
38. Плюснин А. М., Украинцев А. В., Чернявский М. К., Перязева Е. Г., Ангахаева Н. А. Факторы и процессы образования соленого озера на берегу Байкала // Водные ресурсы, 2021, - Т.48, - № 2. - С. 194–206.
39. Хахинов В.В., Намсараев Б.Б., Доржиева Г.С.С., Бурюхаев С.П. Гидрохимическая и микробиологическая характеристики болотных экосистем перешейка полуострова Святой Нос (озеро Байкал) // География и природные ресурсы. - 2012. - № 4. -С. 65-71.

40. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К.
Гидрогеохимические особенности состава азотных гидротерм Байкальской рифтовой зоны
// Геология и геофизика, 2013. - Т.54. - №5. - С. 647-664.