

Отчет

о научно-исследовательской работе по теме:

«Влияние изменения 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»

**«Формирование информационно-аналитической базы в целях:
определения влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий, включая экономические и социальные факторы; анализ методического обеспечения мониторинга
уровня озера Байкал»
(1 этап)**

Исполнители

1. ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова» (ИДСТУ) СО РАН (реферат, введение, заключение, общая редакция, разделы 1.4.2, 1.4.4);
2. ФГБУН «Лимнологический институт» (ЛИН) СО РАН (разделы 1.1.1, 1.2.2);
3. ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» (ИГ) СО РАН (разделы 1.2.1, 1.3.1, 1.4.4, Приложения Б.1–Б.10);
4. ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева» (ИСЭМ) СО РАН (разделы 1.3.3, 1.4.1, 1.4.2, 2.1.1, 2.1.2, 2.2, 2.3, Приложения В.1–В.8);
5. ФГБУН «Байкальский институт природопользования» (БИП) СО РАН (разделы 1.3.2, 1.3.4, 1.4.3, 2.1.2.2, 2.1.2.3);
6. ФГБУ «Государственный гидрологический институт» (ГГИ) Росгидромета (разделы 2.1.1, 2.1.2, 2.2, 2.3);
7. ФГБУН «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии» Байкальский филиал (БайкалНИРО) Росрыболовства (разделы 1.1.3, 1.1.4, Приложения А.1, А.2);
8. ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии (ИОЭБ) СО РАН (раздел 1.1.5);
9. ФГБУН «Геологический институт» (ГИН) СО РАН (раздел 1.1.6);
10. ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет» (ИГУ) Минобрнауки (раздел 1.1.2).

Цель, задачи работы

Цель работы – определение научно обоснованных требований к регулированию уровня озера Байкал и эколого-экономическая оценка последствий регулирования для Байкала и сопряженных территорий.

Задачи работы:

- Определение влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий.
- Социально-экономическая оценка последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС.
- Подготовка предложений по минимизации рисков и потенциальных ущербов при регулировании уровня озера Байкал.

Задача 1 этапа:

Формирование информационно-аналитической базы (на основе имеющейся информации и ранее выполненных исследований) для обеспечения: определения влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий, включая экономические и социальные факторы.

Содержание

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ НА ЭКОСИСТЕМУ ЕГО МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ И ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.

1.1. Анализ теоретических, фондовых и опубликованных данных о влиянии колебаний уровня озера Байкал, на состояние водной среды, гидробионтов, прибрежных ландшафтов и экосистем.

Критический анализ наиболее «уязвимых» звеньев экосистем Байкала и сопредельных территорий от изменчивости его уровня.

1.2. Характеристика природных условий и ресурсов прибрежной зоны оз. Байкал. Анализ современных проблем в состоянии водных биологических ресурсов озера и возможных сценариев дальнейшего их развития.

1.3. Анализ материалов о влиянии колебания уровня озера Байкал на состояние социально-хозяйственных систем прибрежных территорий. Оценка обеспеченности населения водой, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям.

1.4. Анализ нормативно-правовой базы и материалов в области использования и охраны природных ресурсов и социально-экономических рисков при изменениях уровня воды оз. Байкал.

ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОГО БАЛАНСА ОЗЕРА БАЙКАЛ.

2.1. Анализ многолетней динамики притока речных вод в озеро, осадков на его поверхность и испарения с акватории.

2.2. Оценка изменения основных параметров естественных составляющих водного баланса в условиях современных климатических изменений и антропогенного воздействия.

2.3. Анализ действующей методики мониторинга уровня озера Байкал.

Основные результаты (глава 1, р.1.1)

До настоящего времени комплексных системных исследований по проблеме влияния изменения уровня воды в озере Байкал на состояние экосистемы озера с определением ущерба экосистеме, объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Республики Бурятия, Иркутской области в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС не проводилось. Данным вопросам посвящено небольшое количество публикаций.

Анализ отдельных ранее выполненных исследований по влиянию изменения уровня озера Байкал на экосистему позволяет сделать следующие выводы:

- Наиболее подверженными влиянию колебания уровня озера являются такие элементы экосистемы, как литоральная и прибрежно-соровая зоны и их сообщества.
- Опубликованные сведения по численности нерестового стада омуля р. Селенги свидетельствует об отсутствии ее зависимости от уровня Байкала. Наблюдается слабая положительная корреляция ($r=0,62$) относительной численности поколений с майским уровнем Байкала. У омуля посольской популяции выявлена высокая корреляция ($r=0,80$) численности поколений с высотой стояния уровня озера в год ската личинок. Для посольской и селенгинской популяций необходимо учитывать уровенный режим озера в июле-сентябре. Отмечается повышение уловов через 4-5 лет после многоводного года, что связывается с лучшей выживаемостью личинок.
- Связи уровенного режима оз. Байкал и даты захода омуля в крупные реки также не выявлено. Дата захода определяется преимущественно уровнем и расходами воды в нерестовых реках, то есть зависит от увлажненности водосборной территории реки и её стока в год нереста. Установлена положительная связь межгодовых колебаний уровня озера в мае-июне месяце с долей самок в поколениях селенгинского омуля. Повышение уровня ведет к увеличению количества самок и наоборот – при резком снижении – к увеличению количества самцов. Определяющим фактором в распределении личинок омуля является температура воды.

Основные результаты (глава 1, р.1.1)

- Специальных исследований по влиянию колебаний уровня воды в озере Байкал на качественные и количественные показатели зоопланктона и зообентоса прибрежно-соровой зоны до настоящего времени не проводилось. Ранее выполненные исследования в этой области посвящены, главным образом, последствиям поднятия среднего уровня озера в результате строительства Иркутской ГЭС. Тем не менее, **изменение уровня озера продолжает оказывать влияние на состояние биоресурсов.** Осушение акваторий вследствие понижения уровня Байкала, как показали события экстремально маловодного периода 2014–2017 гг., способно оказывать серьезные негативные последствия на биоту мелководных заливов. Наибольшему риску гибели на пике маловодной фазы подвергаются малоподвижные организмы, обилие которых в мелководных заливах может быть очень высоким.
- Негативное воздействие **экстремально низких уровней воды в озере Байкал** связано со значительными изменениями гидрологических и гидрохимических показателей в прибрежной зоне озера, мелководных заливах и прибрежных отчлененных озерах. При этом, к негативным следует отнести следующие: угнетение развития макрофитов; гибель малоподвижных групп гидробионтов в связи с невозможностью их перемещения в более глубокие участки водоемов; осушение в прибрежно-соровой зоне части наиболее продуктивных нерестилищ прибрежно размножающихся рогатковидных рыб – каменной и песчаной широколобок, майской популяции желтокрылки; снижение площадей нерестилищ частичковых видов рыб (щука, плотва, язь и др.) и снижение эффективности их размножения; повышение уровня смертности молоди омуля.
- **Экстремально высокие уровни озера** также в значительной мере **негативно воздействуют на ряд элементов биоты:** перемещение части нерестилищ прибрежно размножающихся рогатковидных рыб на большие глубинные горизонты с несвойственным температурным и газовым режимом, а также повышение доступности их производителей для хищников; затопление гнездовых местообитаний водоплавающих и околоводных птиц; снижение количества доступных кормов водоплавающих и околоводных птиц; затопление гнезд и ухудшение условий размножения ондатры.

Основные результаты (Глава 1, р.1.1)

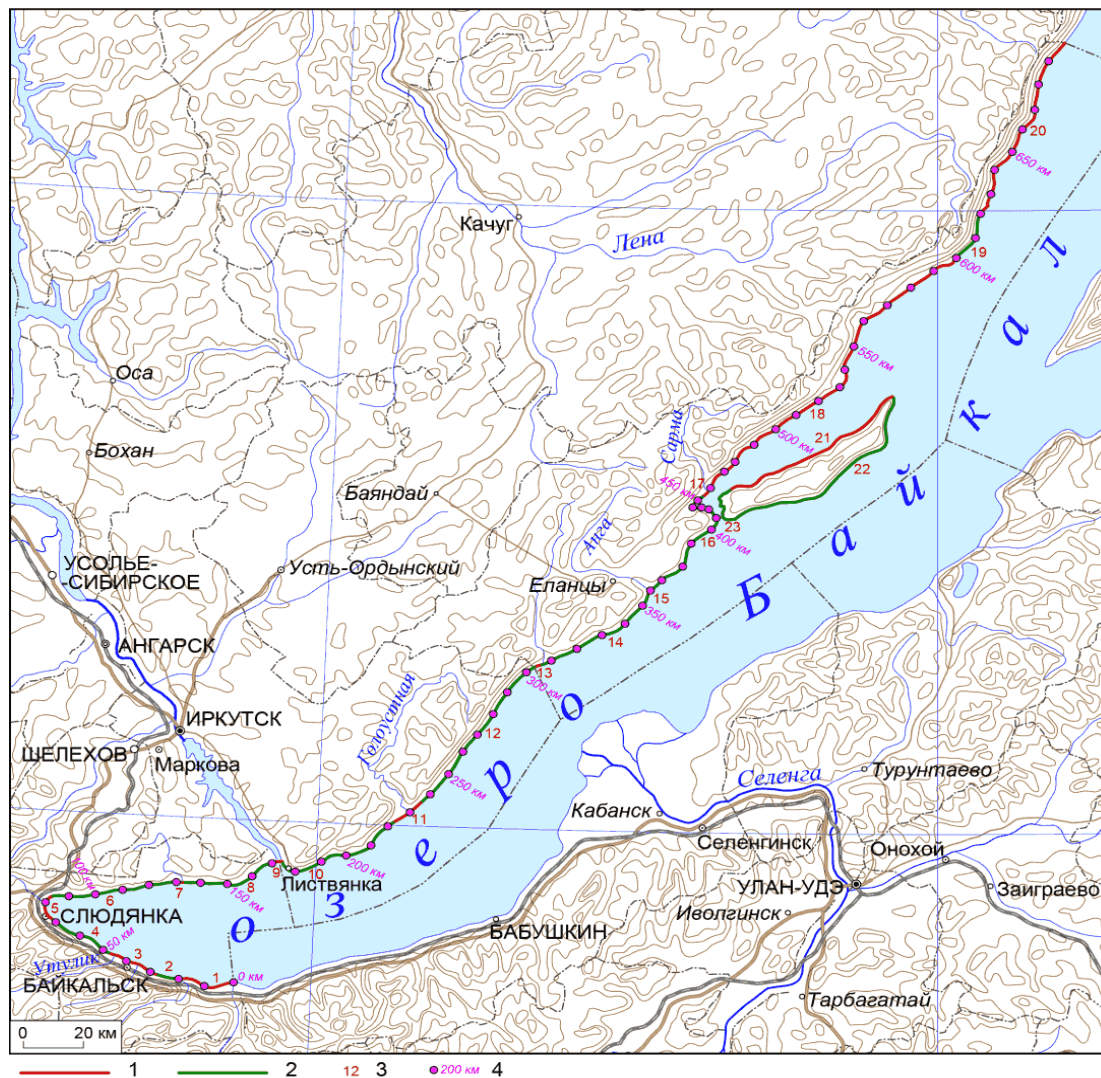
- Исследований, ставящих своей целью оценить влияние изменения уровня воды на микробные сообщества, паразитофауну, состояние растительного покрова мелководных и прибрежных экосистем озера Байкал, зон смешивания речных и озерных вод также не проводились. Причинно-следственные связи между изменениями уровня воды в озере и реакциями отдельных компонентов экосистем на них предполагаются только гипотетически, но реально не установлены.

Проведенный анализ литературных и фондовых материалов позволяет констатировать **недостаточность знаний о влиянии изменений уровня Байкала на основные компоненты экосистемы**. Имеющиеся сведения получены преимущественно как сопутствующие, фрагментарные в ходе проведения других целевых исследований и глубоко не проанализированы. Приведенные в ранее выполненных работах результаты исследований имеют преимущественно **качественный характер**, в большинстве из них отсутствует количественная оценка того или иного воздействия, используются гипотезы и регрессионные зависимости, не подтвержденные фактическими данными мониторинга.

В этой связи, при выполнении работ 2 и 3 этапов (2022-2023 гг.) **планируется ряд комплексных экспедиционных полевых исследований на заранее определенных ключевых участках в литоральной и прибрежно-соровой зонах с определением максимального количества показателей состояния как среды обитания гидробионтов, так и непосредственно компонентов биоты.**

Территории и объекты, наиболее уязвимые к негативному воздействию колебаний уровня озера, определены и представлены в настоящем отчете. Особое внимание будет уделено получению количественных оценок воздействия изменения уровня на элементы экосистемы и компоненты биоты (микробиом, фито- и зоопланктон, зообентос, рыбы, водоплавающие и околоводные птицы, млекопитающие).

1.2. Характеристика природных условий и ресурсов прибрежной зоны оз. Байкал. Анализ современных проблем в состоянии водных биологических ресурсов озера и возможных сценариев дальнейшего их развития



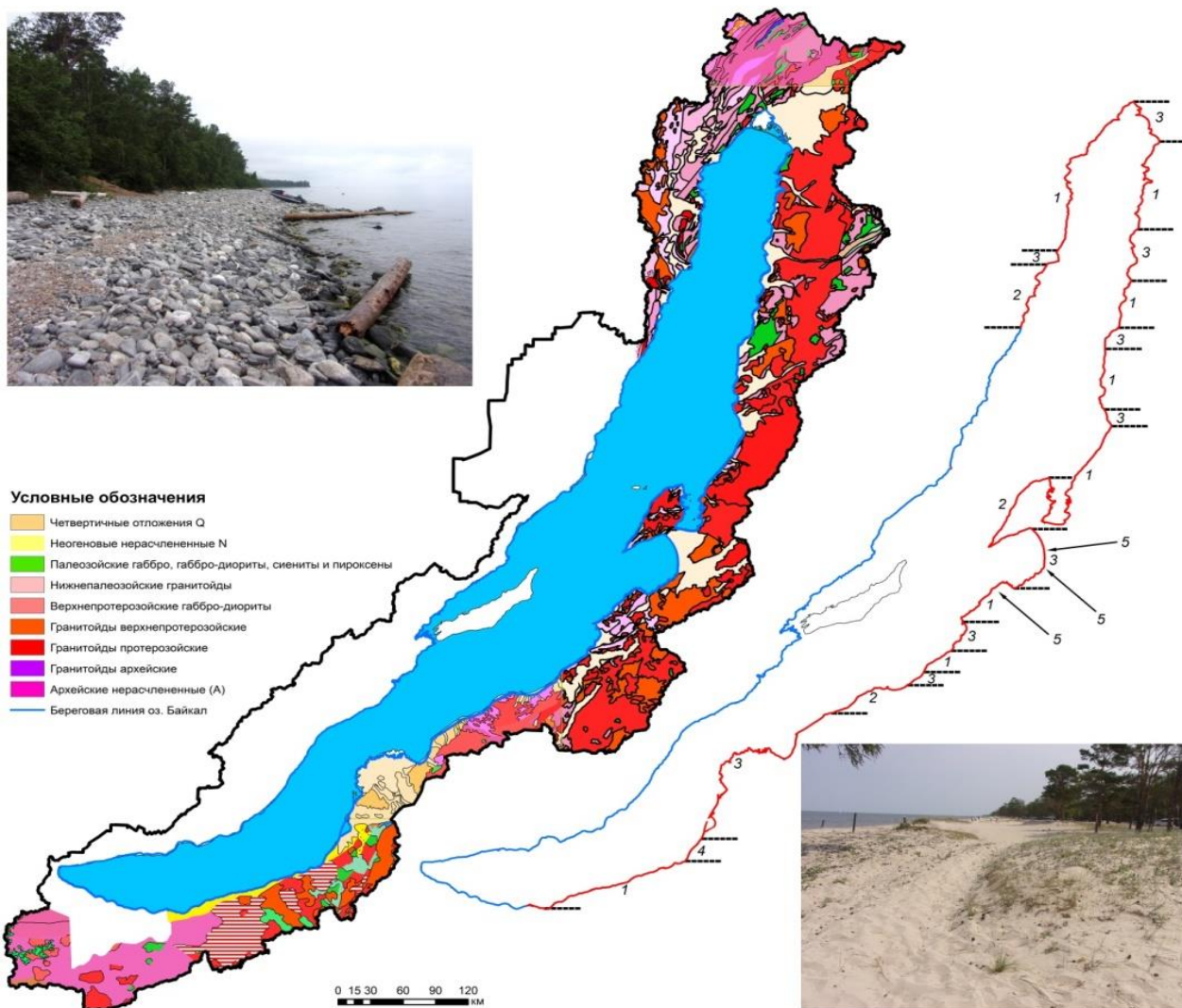
Гидролого-геоморфологическое деление побережья по степени уязвимости к колебаниям уровня оз. Байкал в пределах Иркутской области. Участки побережья: 1 – особо уязвимые; 2 – уязвимые. 3 – номер участка. 4 – расстояние по береговой линии южного и западного побережья оз. Байкал от р. Снежной

1.2. Характеристика природных условий и ресурсов прибрежной зоны оз. Байкал. Анализ современных проблем в состоянии водных биологических ресурсов озера и возможных сценариев дальнейшего их развития



Условные обозначения

- Четвертичные отложения Q
- Неогеновые нерасчлененные N
- Палеозойские габбро, габбро-диориты, сиениты и пироксениты
- Нижнепалеозойские гранитоиды
- Верхнепротерозойские габбро-диориты
- Гранитоиды верхнепротерозойские
- Гранитоиды протерозойские
- Гранитоиды архейские
- Архейские нерасчлененные (A)
- Береговая линия оз. Байкал



Типы берегов:

- 1 – абразионный тип с галечниковыми, песчано-галечниковыми пляжами и песчаными пляжами неполного профиля;
- 2 – структурно-абразионный тип без выраженного пляжа либо со скалистым уступом;
- 3 – аккумулятивный тип с береговыми валами либо песчано-галечниковыми пляжами;
- 4 – абразионно-обвальный подтип с песчаными, песчано-галечниковыми пляжами неполного профиля;
- 5 – абразионно-эоловый подтип с песчаными пляжами полного и неполного профиля.



На фото: абразионный берег с галечниковым пляжем неполного профиля (сверху), аккумулятивный берег с пляжем полного профиля (береговой вал)

Геолого-геоморфологическое строение побережья оз. Байкал в пределах республики Бурятия и типизация берегов по характеру проявления экзогенных процессов, связанных с волноприбойной деятельностью

1.2. Характеристика природных условий и ресурсов прибрежной зоны оз. Байкал. Анализ современных проблем в состоянии водных биологических ресурсов озера и возможных сценариев дальнейшего их развития

Антропогенное воздействие. Как установлено различными исследованиями, одной из основных причин кризисных изменений в прибрежной области озера является поступление в озеро неочищенных хозяйственно-бытовых стоков, содержащих значительное количество соединений фосфора, азота и других биогенных элементов.



Населенные пункты, располагающиеся в прибрежной зоне озера, как правило, не имеют централизованной системы очистки бытовых сточных вод, в их окрестностях наблюдается максимальные скопления бытового мусора. Количество туристов, приезжающих на озеро, частных гостиниц и турбаз за последние годы выросло в разы. Все чаще можно наблюдать загрязнение прибрежных вод и береговой полосы нефтепродуктами от деятельности маломерного флота и мытья автомобильного транспорта.

1.2. Характеристика природных условий и ресурсов прибрежной зоны оз. Байкал. Анализ современных проблем в состоянии водных биологических ресурсов озера и возможных сценариев дальнейшего их развития

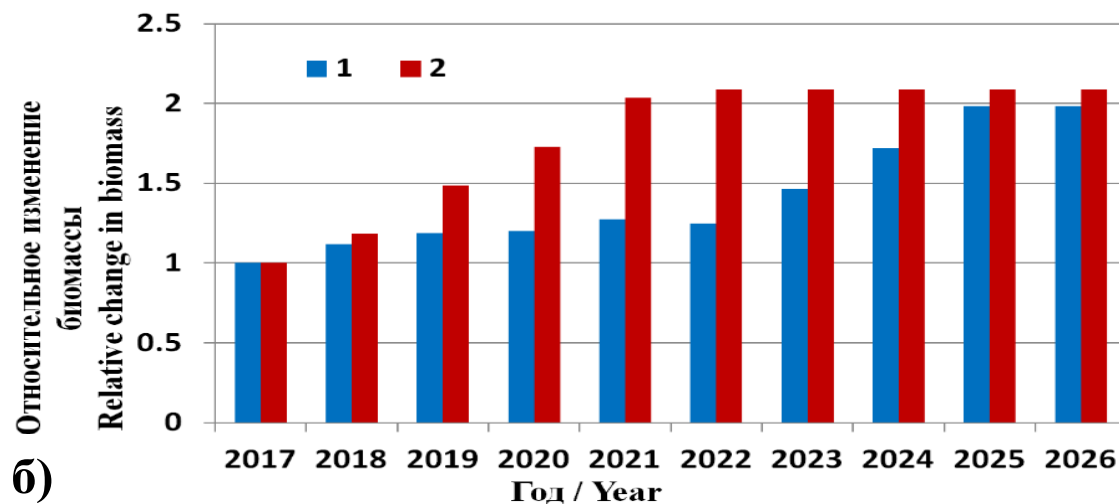
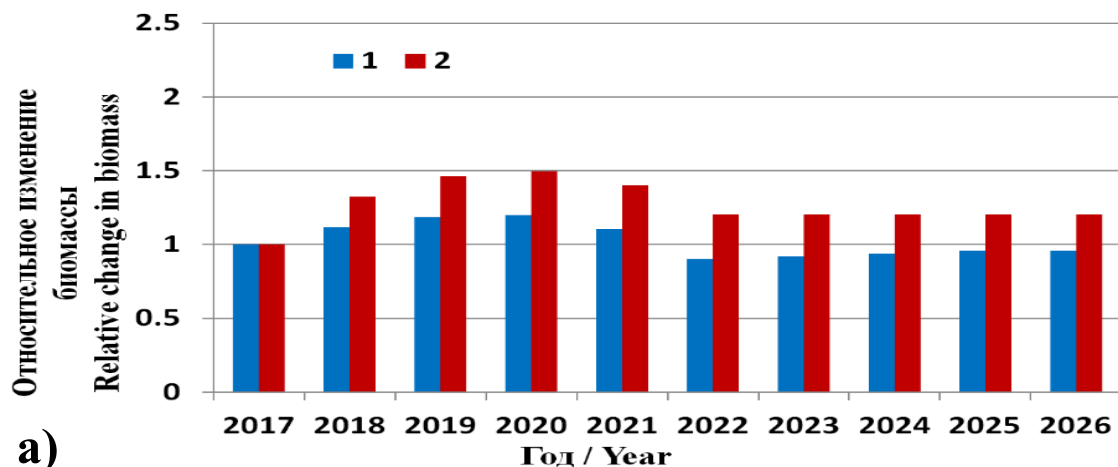
Антропогенное воздействие оказывает **существенное влияние на гидрохимический и микробиологический режимы интерстициальных и прибрежных вод Байкала**



Кризисные изменения, происходящие в прибрежной части озера Байкал

1.2. Характеристика природных условий и ресурсов прибрежной зоны оз. Байкал. Анализ современных проблем в состоянии водных биологических ресурсов озера и возможных сценариев дальнейшего их развития

Ожидаемые экологические последствия запрета вылова омуля (2017 г.)



При принятии административных решений по регулированию водных биоресурсов Байкал должен рассматриваться не только как рыбохозяйственный водоем, а как **объект рекреации и туризма, имеющий важное научное и культурно-просветительское значение, как объект всемирного наследия.**

Прогноз изменения биомассы промыслового запаса байкальского омуля: а) при сохранении высокого уровня браконьерского вылова нерестового омуля (минимальное пополнение); б) при снижении его до минимального уровня (минимальное пополнение первые 4 года и среднее в последующие)

1 – сценарий без введения запрета, 2 – сценарий с введением запрета.

1.3. Анализ материалов о влиянии колебания уровня озера Байкал на состояние социально-хозяйственных систем прибрежных территорий. Оценка обеспеченности населения водой, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям

Структура земельного фонда в потенциально опасной к затоплению/подтоплению зоне в административных районах **Иркутской области** по категориям земель

Категория	Площадь, га	%
Иркутский район		
земли лесного фонда	0,3	3,4
земли населенных пунктов	9,0	88,6
земли сельскохозяйственного назначения	0,8	8,0
Итого:	10,2	100,0
Ольхонский район		
земли населенных пунктов	1371,6	18,2
земли особо охраняемых территорий и объектов	6084,7	80,7
категория не установлена	86,8	1,1
Итого:	7543,1	100,0
Слюдянский район		
земли лесного фонда	233,8	31,6
земли населенных пунктов	386,1	52,2
земли особо охраняемых территорий и объектов	15,7	2,1
земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания и др. назначения	87,5	11,9
категория не установлена	16,0	2,2
Итого:	739,1	100,0

1.3. Анализ материалов о влиянии колебания уровня озера Байкал на состояние социально-хозяйственных систем прибрежных территорий. Оценка обеспеченности населения водой, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям

Перечень поселений на территории **Республики Бурятия**, подверженных затоплению и подтоплению, расположенных на побережье озера Байкал

Название района	Наименование поселений	Кол. поселений / кол. жителей
Баргузинский район	Усть-Баргузин, Макарино, Максимиха, Монахово, Курбулик, Катунь	5 / 325
Кабанский район	Степной Дворец, Ранжурово, Шигаево, Мурзино, Корсаково, Кудара, Красный Яр, Новая Деревня, Жилино, Малое Колесово, Романово, Каргино, Кабанск, Ньюки, Береговая, Фофоново, Никольск, Тресково, Творогово, Большая Речка, Поселок при станции Посольская, Танхой, Мишиха, Ключевка, Бабушкин, Мантуриха, Сухой Ручей, Боярский, Култушная, Байкальский Прибой, Посольское, Дубинино, Оймур, Дулан, Энхэлук, Сухая, Выдрино, Исток, Заречье	39 / 10 700
Прибайкальский район	Гремячинск, Горячинск, Турка	3 / 250
Северо-Байкальский район	Нижнеангарск, Байкальское.	2 / 528
город Северобайкальск		1 / 407
Итого:		50 / 12 210

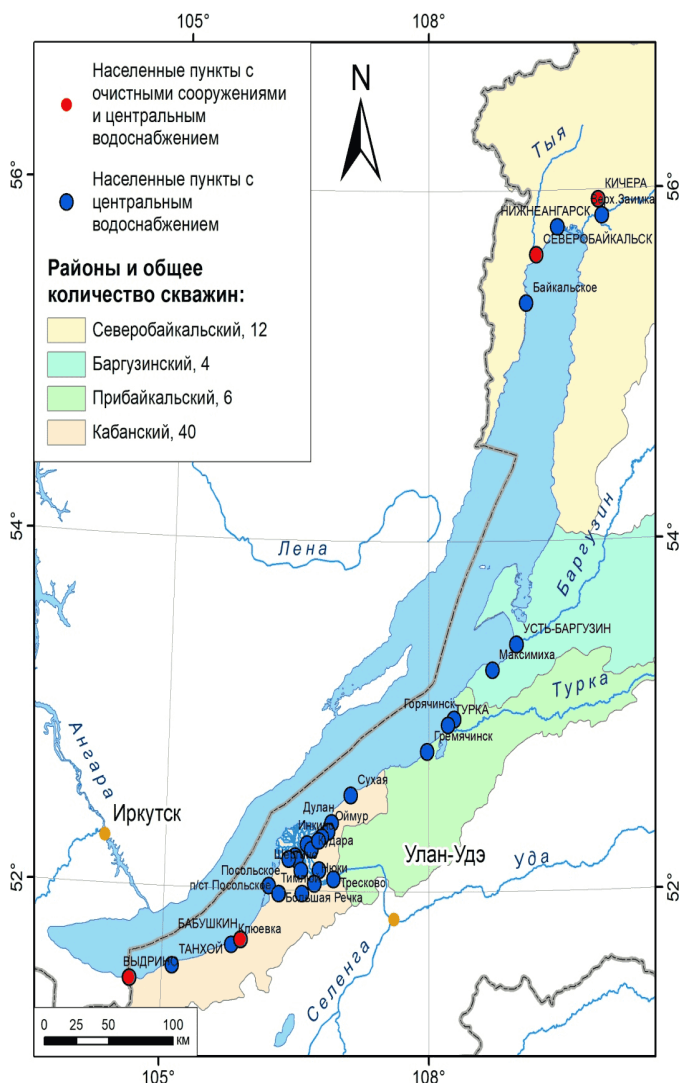
1.3. Анализ материалов о влиянии колебания уровня озера Байкал на состояние социально-хозяйственных систем прибрежных территорий. Оценка обеспеченности населения водой, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям

Оценка обеспеченности населения водой, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям в многоводные и маловодные периоды в населенных пунктах прибрежной зоны озера Байкал Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС

Характеристика водоснабжения населенных пунктов, расположенных на побережье оз. Байкал (Иркутская обл.), в верхнем и нижнем бьефах Иркутской ГЭС

Зоны	Числен-ть населения, тур. баз, садовых участков	Потреб. воды, м3/сут.	Кол-во и тип водозаб оров	Отметки водоз. подзем., поверхно стн. (ТО)	Мин отметки земли н.п. (ТО)	Макс отметки земли н.п. (ТО)	Мин уров. воды (ТО)	Макс уров. воды (ТО)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Побережье Бакала (Ирк. обл.) - 37 н.п. Население Койка мест в тур базах	44034 13464	17836	213-подз., 5-повер.	500,0 455,0	456,0	510,0	455,54	457,85
Побережье Иркутского водохр. - 24 н.п. Население Кол садовых участков	5906 6200	1282,4	163-Подз.	470,0	456,5	475,0	453,00	456,51
Нижний бьеф ИГЭС (Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск ,10н.п	991320	455754	46-подз. 10-повер.	470,0 424,0	425,0	510,0	424,52 (Иркутск)	431,51 (Иркутск)

1.3. Анализ материалов о влиянии колебания уровня озера Байкал на состояние социально-хозяйственных систем прибрежных территорий. Оценка обеспеченности населения водой, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям



Характеристика водоснабжения муниципальных образований, расположенных в ЦЭЗ БПТ в пределах Республики Бурятия

Муниципальное образование	Численность населения, чел. на 01.01.2021 / прогнозная численность	Расчетное максимальное потреб. воды, м3/сут.	Кол-во подземн. водозаб.	Отметки водоз. подзем., поверхн. (ТО)	Мин отметки земли н.п. (ТО)	Макс отметки земли н.п. (ТО)	Мин уров. воды (ТО)	Макс уров. воды (ТО)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Баргузинский район	8777 264034	921,8	4	454-455	456	459	455,54	457,85
Кабанский район	29713 846145	4879,5	41	453-454	457	501	455,54	457,85
Прибайкальский район	3894 1015893	1293,8	5	455	459	477	455,54	457,85
Северо-Байкальский район	9869 158701	1603,9	12	470-480	477	489	455,54	457,85
г. Северо-байкальск	23304 111642	9684,0	12	477	521	551	455,54	457,85

Ранжирование территорий населенных пунктов прибрежной зоны озера Байкал в пределах районов Республики Бурятия по удельному весу населения, обеспеченного питьевой водой, отвечающей требованиям санитарного законодательства в 2014-2020гг. (%)

Районы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Увеличение/снижение в 2020г. к 2014г.
С-Байкальский	94,2	99,3	99,5	98,9	99,2	96,1	99,4	5,2
Баргузинский	37,7	48,3	51,7	59,3	58,5	59,3	58,5	21,2
Прибайкальский	33,9	46,0	50,1	50,9	59,5	48,3	52,0	18,1
Кабанский	39,0	39,9	30,6	45,8	33,2	52,4	50,8	11,8

Водоснабжение и водоотведение в населенных пунктах прибрежной зоны озера Байкал в пределах административных границ Республики Бурятия

1.4. Анализ нормативно-правовой базы и материалов в области использования и охраны природных ресурсов и социально-экономических рисков при изменениях уровня воды оз. Байкал

- Основная проблема действующей нормативно-правовой базы (до сих пор нерешенная) заключается в обосновании научно обоснованных и практически реализуемых допустимых границ диапазона колебаний уровня воды в озере Байкал и правил регулирования уровня режима исходя из компромисса противоречивых интересов различных водопользователей и требований экосистемы. При этом главным фактором, влияющим на диапазон колебаний уровня, является динамика изменения притока воды в озеро, имеющая случайный, природно обусловленный характер.
- **Действующие правила использования водных ресурсов (ПИВР)** Иркутского водохранилища (озера Байкал) устарели по целому ряду положений, требуют уточнений и дополнений. Они разрабатывались 35 лет назад для совершенно другой правовой системы и других социально-экономических условий. **При регулировании режимов в принципе отсутствуют какие-либо экономические критерии, в том числе возможные ущербы различных участников. Отсутствуют и экологические требования.**

1.4. Анализ нормативно-правовой базы и материалов в области использования и охраны природных ресурсов и социально-экономических рисков при изменениях уровня воды оз. Байкал

- Не соответствуют современным условиям требования водного транспорта по минимальным расходам в нижнем бьефе Иркутской ГЭС для обеспечения его нормальной работы в навигационный период, а также величина предельного расхода воды через Иркутскую ГЭС по условиям незатопляемости пойменной части г. Иркутска. Недостаточно учитываются **риски маловодных и многоводных периодов**.
- В настоящее время отсутствуют научно обоснованные экологические и рыбохозяйственные требования, подкрепленные фактическими данными мониторинга (сопряженного уровня и экологического) и имеющие возможность практического использования в правилах регулирования уровня оз. Байкал. Данные требования являются предметом дискуссий с середины 90-х годов и остаются таковыми до настоящего времени.
- Необходимо изменение концептуального подхода к оценке воздействия антропогенных факторов на состояние экосистемы озера Байкал, что потребует специальных научных исследований и внесения изменений в действующее законодательство.

Глава 2. Анализ изменения водного баланса озера Байкал

Современная система гидрометеорологического мониторинга озера Байкал

В настоящее время на оз. Байкал действуют **19 гидрологических постов Иркутского УГМС** и **2 поста Забайкальского УГМС**, один из которых законсервирован. Наблюдения за уровнем проводятся на 17 постах.

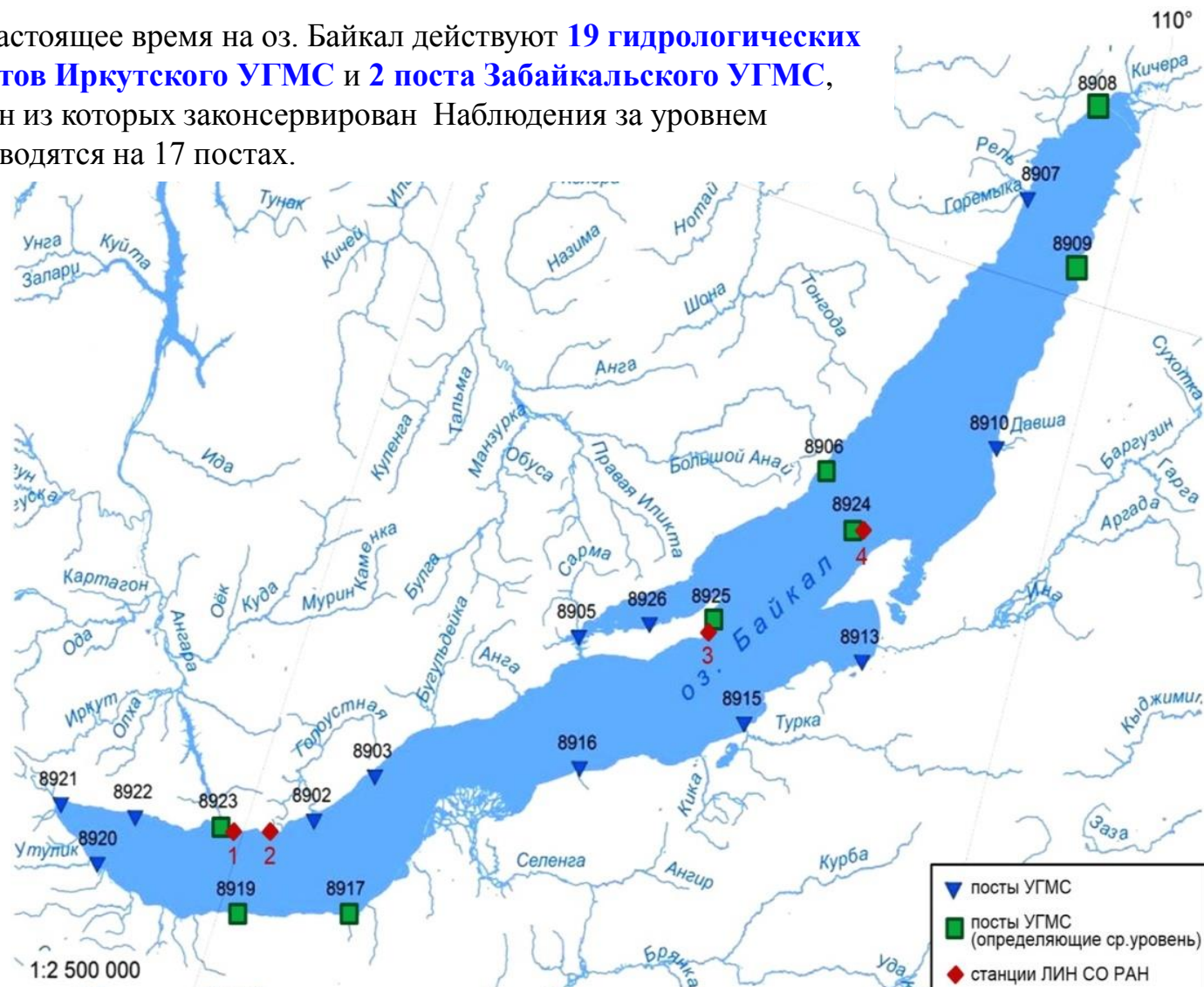


Схема гидропостов наблюдений уровневого режима озера УГМС с выделением постов, по которым рассчитывается средний уровень

Составляющие водного баланса. Поверхностный приток

Доля притока основных рек,
впадающих в оз. Байкал, в суммарном
притоке речных вод, %

Река	Доля, %
Селенга	41.3
В.Ангара	15.5
Баргузин	6.2
Снежная	2.7
Турка	2.3
Тыя	2.2
Ина	1.8
Хара-Мурин	1.2
Ангарокан	1.1
Холодная	1
Утулик	0.8
Сумма	76.1

Статистические характеристики (км³) осадков за период 1960-2020 гг .

период	m ₁	cv	cs/cv	r ₁	Обеспеченность, %								
					1	5	10	25	50	75	90	95	99
1 кв.	0.8	0.32	2.5	0.07	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3
2 кв.	2.8	0.31	2.3	0.22	5.6	4.6	4.1	3.5	2.9	2.2	1.8	1.6	1.2
3 кв.	5.8	0.25	2.9	0.04	10.1	9	8.2	6.9	5.7	4.8	4	3.7	3.3
4 кв.	2.3	0.27	0.5	0.13	3.9	3.4	3.2	2.8	2.3	1.8	1.4	1.2	0.9
год	11.8	0.17	0.8	0.3	16.6	15.3	14.5	13.1	11.6	10.1	9	8.3	7.2

Статистические характеристики (км³) испарения за период 1960-2020 гг.

период	m ₁	cv	cs/cv	r ₁	Обеспеченность, %								
					1	5	10	25	50	75	90	95	99
1 кв.	0.8	0.81	1.3	0.2	2.5	2.1	1.9	1.3	0.7	0.4	0.2	0.1	0
2 кв.	1.5	0.23	-1.3	-0.03	2.2	2	1.9	1.7	1.4	1.2	0.9	0.8	0.5
3 кв.	3.2	0.42	0.5	0.46	6.1	5.5	5	4.3	3.1	2.1	1.4	1.1	0.7
4 кв.	9.1	0.13	-1.8	0.46	11.4	10.9	10.6	9.9	9.1	8.2	7.3	6.9	6.2
год	14.6	0.18	-1.1	0.46	19.5	18.3	17.6	16.3	14.5	12.3	10.6	9.8	8.5

Составляющие водного баланса. Полезный приток

На практике оперируют понятием полезный приток, имеющий два вида определений:

1. Полезный приток-1 (P_1) определяется из соотношения:

$$P_1 = П + O - I, \quad (1)$$

где $П$ – поверхностный приток; O – осадки на поверхность озера; I – испарение с поверхности озера. К сожалению, из-за ограниченности наблюдений оценки погрешностей показателей $П, O, I$ имеют значительные величины.

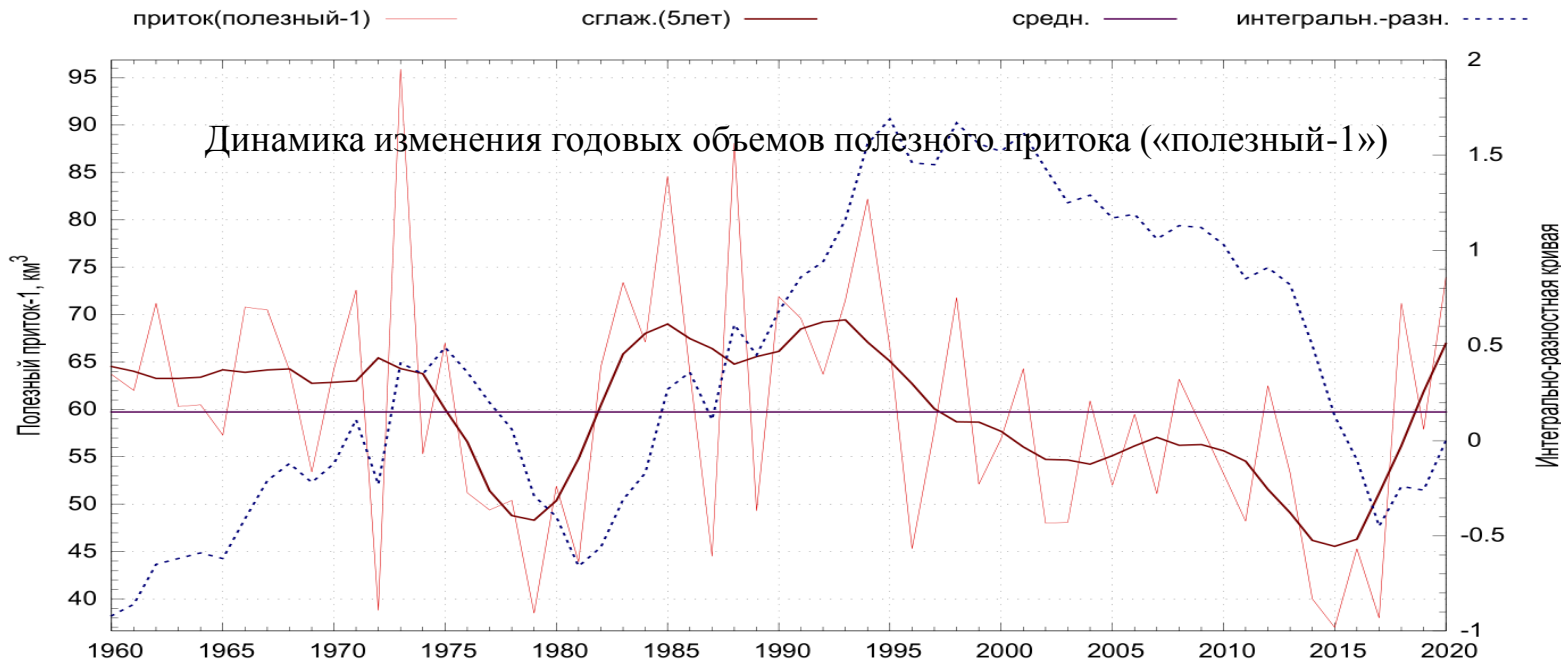
2. Полезный приток-2 (P_2) определяется из соотношения:

$$P_2 = Q + \Delta V, \quad (2)$$

где ΔV – аккумуляция воды в озере ($\Delta V > 0$ – накопление объема с повышением уровня озера; $\Delta V < 0$ – сработка водохранилища и понижение уровня озера). Для определения его величины за указанный период необходимо знать **объем расхода** и изменение среднего уровня озера, по которому определяется объем аккумуляции воды в озере.

Учитывая факт того, что ошибка вычисления объема расхода ИГЭС значительно меньше относительных ошибок вычисления других показателей (связано с энергетическими балансами), **погрешность вычисления полезного притока P_2 будет меньшей по сравнению с P_1 .**

Динамика изменения полезного притока



Статистические характеристики (км³) **полезного притока («полезный-1»)** за период 1960-2020 гг.

период	m ₁	cv	cs/cv	γ ₁	Обеспеченность, %									
					1	5	10	25	50	75	90	95	99	
1 кв.	2.9	0.19	-2.1	0.1	4	3.7	3.5	3.2	2.8	2.5	2	1.7	1.2	
2 кв.	23	0.18	0.8	-0.08	33.8	30.6	28.5	25.7	22.8	19.7	17.4	16	13	
3 кв.	31.5	0.3	2.9	0.08	65.1	52.6	47.6	40.3	32.7	26.4	21.3	18.5	13.8	
4 кв.	3.9	0.6	0.9	0.27	9.3	6.9	5.6	4	2.4	0.7	-0.7	-1.3	-2	
год	59.7	0.21	1.9	0.05	97.6	84.8	77.9	69.6	60.7	51.3	43.9	40.1	35	

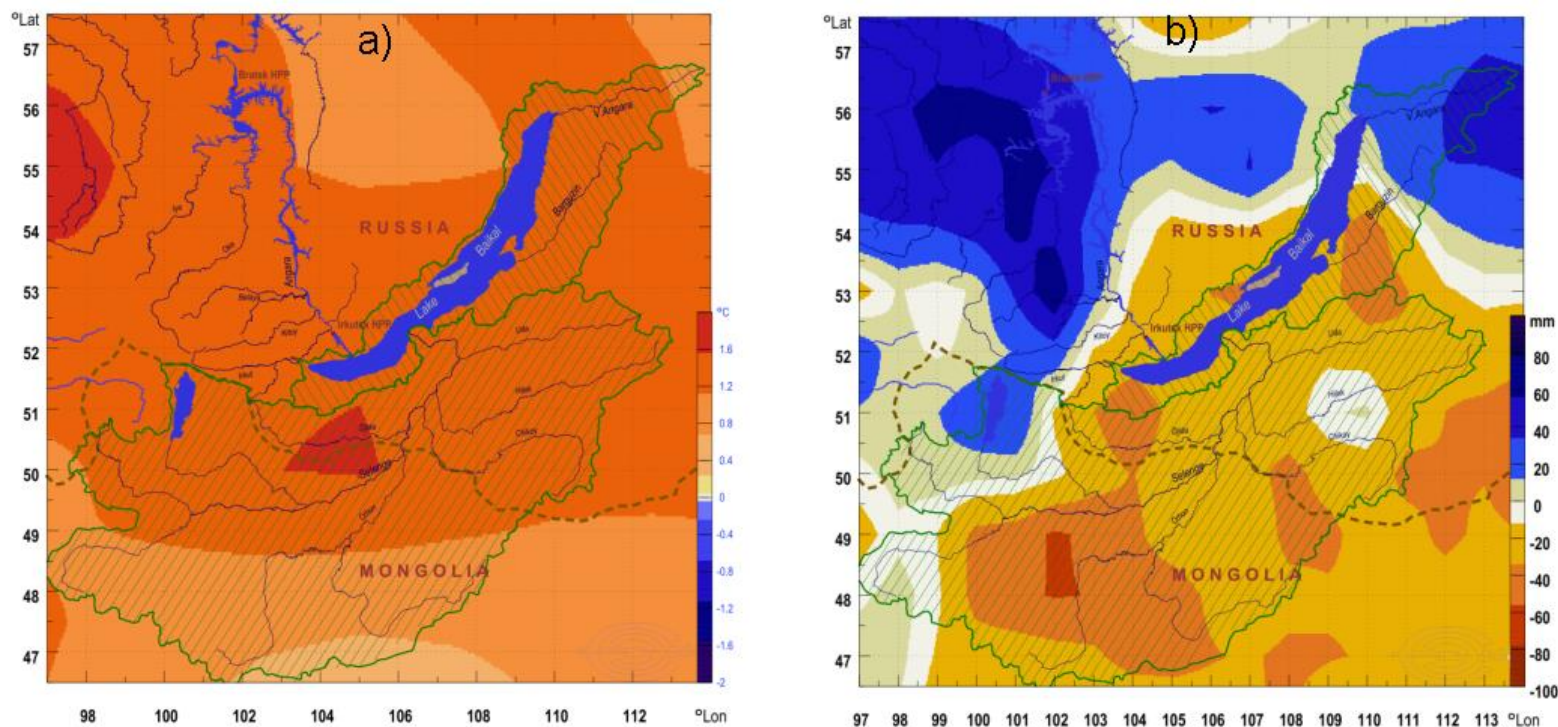
Статистические характеристики (км³) **полезного притока («полезный-2»)** за период 1960-2020 гг.

период	m ₁	cv	cs/cv	γ ₁	Обеспеченность, %									
					1	5	10	25	50	75	90	95	99	
1 кв.	2.8	0.23	-0.6	0.04	4.1	3.8	3.6	3.2	2.7	2.3	1.8	1.6	1.2	
2 кв.	22.6	0.16	1.5	-0.13	31.7	28.9	27.4	25	22.2	19.7	17.8	16.6	14.4	
3 кв.	30	0.29	2.6	0.11	58.5	47.4	43.2	36.9	30	24.3	19.6	17	13.4	
4 кв.	4.1	0.56	0.8	0.32	8	6.7	5.8	4.4	2.2	0.7	-0.2	-0.8	-1.5	
год	58.1	0.2	1.7	0.12	91.8	79.9	73.9	66.4	58.2	49	42.2	38.7	33.9	

Климатические изменения в бассейне водосбора озера

Период 1996-2020 гг. характеризуется **значительными изменениями основных метеорологических характеристик в бассейне водосбора озера** по сравнению с периодом 1956-1995 гг. Водосборный бассейн оз. Байкал условно разделен на 2 части: 1) бассейн р. Селенга и 2) бассейн остальных впадающих в него рек.

На рис. показано пространственное распределение изменения среднегодовых температур и годового слоя осадков в период после 1996 г. по сравнению с предыдущим периодом на основе обработки среднесуточных данных реанализа (NCEP/NOAA). Среднегодовые показатели температуры воздуха увеличились на 1-2°C в большей части бассейна, кроме южных районов бассейна р. Селенга. Годовые значения слоя осадков после 1996 г. уменьшились по всей территории бассейна озера на 30-60 мм в год. Изменение среднегодовых значений атмосферного давления увеличивается по направлению к югу от 1 до 3 гпа.



Изменение среднегодовой температуры воздуха, °C (a) и годового слоя осадков, мм (b) в период 1996-2020 гг. по сравнению с периодом 1960-1995 гг.

Выводы (глава 2)

- Многолетняя изменчивость отмечается **для всех составляющих водного баланса**. Наибольшая вариация характерна для поверхностного притока с чередованием многоводных и маловодных периодов различной продолжительности.
- Остается проблемой **повышение точности расчетов составляющих водного баланса озера**. На настоящем этапе исследований можно предположить, что наиболее точно оцениваются расходы (объемы стока) через Иркутскую ГЭС. Точность вычисления среднего суточного уровня озера, а, следовательно, и полезного притока может быть существенно повышена за счет применения **автоматических станций** (по типу экспериментальных станций Лимнологического института СО РАН) по периметру озера.
- **Динамика изменения составляющих водного баланса** озера характеризуется умеренными значениями коэффициентов вариации и асимметрии для годовых показателей со значительными отклонениями для первого и четвертого кварталов.
- Анализ изменения показателей водного баланса озера проведен для периода 1996-2020 гг. по сравнению с предшествующим периодом (1970-1995 гг.). За последний период **существенно изменились основные статистические характеристики по притоку, расходу со значительным уменьшением среднегодовых показателей. Количество осадков и испарения изменились незначительно.**
- Анализ среднесуточных показателей уровня по 17-ти гидрологическим постам показал значительные отклонения (до 15-18 см их среднесуточных значений и до 10-12 см значений, осредненных за 10 суток). Среднесуточный уровень озера, рассчитанный различными методами, включая методику расчета Иркутского УГМС, показал **несоответствие общепринятых максимальных и минимальных значений**. На следующем этапе работы требуется **уточнить минимальные и максимальные значения** среднесуточного уровня озера для всех лет за период эксплуатации Иркутской ГЭС.
- Методика вычисления среднесуточного уровня озера требует уточнения не только по подбору весовых коэффициентов для разных постов, но и **учета значительных внутрисуточных колебаний уровня по отдельным постам**, достигающим 5 см и более, что связано с сейшевыми волнами, нагонами и сгонами.


Заключение

В представленной работе выполнен **1 этап НИР** (два из девяти основных разделов), посвященный, главным образом, анализу ранее выполненных исследований по рассматриваемой проблеме.

По ряду вопросов (действующее законодательство, причины сложившейся ситуации и др.) имеются некоторые разногласия между исполнителями НИР. Эти разногласия имеют длительную историю и не могут быть разрешены в короткий начальный период выполнения данного исследования.

Предполагается, что согласованная компромиссная позиция будет вырабатываться в процессе дискуссий и выполнения исследований на следующих этапах НИР.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

A scenic landscape featuring a large, calm blue lake reflecting the sky. The foreground is dominated by green pine trees and grassy slopes. The sky is bright blue with scattered white clouds.